



Dieter Mueller-Dombois  
Heinz Ellenberg

# EKOLOGI VEGETASI

Tujuan dan Metode

---

Alih Bahasa oleh:  
Kuswata Kartawinata dan Rochadi Abdulhadi

# EKOLOGI VEGETASI

Tujuan dan Metode

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

@ Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

*All Rights Reserved*

Dieter Mueller-Dombois  
Heinz Ellenberg

# EKOLOGI VEGETASI

Tujuan dan Metode

---

Alih Bahasa oleh:  
Kuswata Kartawinata dan Rochadi Abdulhadi

Dengan Sambutan dari  
Dieter Mueller-Dombois

LIPi Press & Yayasan Pustaka Obor Indonesia

© 1974, by John Wiley & Sons, Inc.

Katalog dalam Terbitan

Diterjemahkan dari *Aims and Methods of Vegetations Ecology*, karya D. Mueller-Dombois dan H. Ellenbergh, terbitan John Wiley & Sons, Inc.

Hak terjemahan Indonesia pada Yayasan Pustaka Obor Indonesia dan LIPI Press atas izin Blackburn Press, 2013. Diterjemahkan oleh Kuswata Kartawinata dan Rochadi Abdulhadi.

Ekologi Vegetasi: Tujuan dan Metode/Kuswata Kartawinata dan Rochadi Abdulhadi (Ed).-Jakarta: LIPI Press, 2016

xxvi hlm. + 610 hlm.; 17,46 x 25 cm

ISBN 978-979-799-852-3

1. Ekologi

2. Vegetasi

581.7


*Copy Editor* : Sonny Heru Kusuma  
*Proofreader* : M. Fadly Suhendra  
Penata Isi : Rahma Hilma Taslima dan Ariadni  
Desainer Sampul : Rusli Fazi

Cetakan Pertama : 2016



Diterbitkan oleh:

LIPI Press, anggota Ikapi  
Jln. Gondangdia Lama 39, Menteng, Jakarta 10350  
Telp. (021) 314 0228, 314 6942. Faks. (021) 314 4591  
*E-mail*: [press@mail.lipi.go.id](mailto:press@mail.lipi.go.id)  
*Website*: [lipipress.lipi.go.id](http://lipipress.lipi.go.id)

 LIPI Press  
 @lipi\_press



Yayasan Pustaka Obor Indonesia  
Jln. Plaju No. 10 Jakarta 10230  
Telp. (021) 319 26978, 3920114  
Faks. (021) 31924488  
*E-mail*: [yayasan\\_obor@cbn.net.id](mailto:yayasan_obor@cbn.net.id)

# DAFTAR ISI

Pengantar Penerjemah	xv
Preface to The Translation	xix
Pengantar	xxi
Prakata	xxiii
<b>BAGIAN I Umum</b>	<b>1</b>
<b>1. PENDAHULUAN – PENJELASAN KONSEP</b>	<b>3</b>
1.1 Ekologi Vegetasi	3
1.2 Bagaimana Mengenal Komunitas Tumbuhan	4
1.3 Terminologi Eropa dan Anglo-Amerika	6
1.4 Lingkup Buku ini	9
<b>2. LATAR BELAKANG DAN KECENDERUNGAN DALAM EKOLOGI VEGETASI SAAT INI</b>	<b>11</b>
2.1 Orientasi Geografi-Deskriptif	11
2.2 Orientasi Sistematika-Tipologi	13
2.3 Orientasi Lingkungan	13
2.4 Orientasi Eksperimental	14
2.5 Orientasi Dinamika	14
2.6 Orientasi Matematika-Statistika	16
2.7 Orientasi Geografi-Kawasan dan Sejarah	16
2.8 Orientasi Kartografi	17
2.9 Orientasi Terapan	18
2.10 Orientasi Ekosistem: Sebuah Sintesis Berbagai Konsep	18
2.10.1 Segi Struktural	19
2.10.2 Segi Fungsional	20
2.10.3 Ukuran dan Macam	21
2.10.4 Klasifikasi Ekosistem	21

## Daftar Isi

<b>3. HIPOTESIS KOMUNITAS TUMBUHAN</b>	<b>23</b>
3.1 Analogi Organisme dan Konsekuensinya	23
3.1.1 Pandangan Holistik	23
3.1.2 Pandangan Sistematis	24
3.1.3 Pandangan Individualistik	25
3.1.4 Penekanan pada Hubungan Dinamika	25
3.1.5 Penekanan pada Urutan	26
3.2 Komunitas—Sebuah Kombinasi Berbagai Individu	27
3.3 Identifikasi Komunitas	29
3.4 Parameter Vegetasi untuk Menentukan Komunitas	30
3.5 Komunitas Konkret dan Abstrak	30
<b>4. BERBAGAI PERTIMBANGAN DALAM PENCUPLIKAN VEGETASI</b>	<b>33</b>
4.1 Langkah-langkah Penting dalam Pencuplikan	33
4.2 Pemilihan Cuplikan Secara Subjektif atau Objektif	34
4.3 Pengenalan Berbagai Seutuhan atau Komunitas	35
4.3.1 Tingkat Penyeutuhan—Sebuah Pertanyaan dan Tujuan	35
4.3.2 Batasan-batasan dalam Mengobjektifkan Penyeutuhan	37
4.4 Pemilihan Cuplikan Tegakan di Segmen Vegetasi yang telah Dikenal	39
4.4.1 Replikasi Pencuplikan Terpusat	39
4.4.2 Pencuplikan Acak, Sistematis, dan Acak Berlapis	41
4.5 Dua Pendekatan Pencuplikan Berbeda	42
<b>BAGIAN II Analisis Vegetasi di Lapangan</b>	<b>45</b>
<b>5. PENCUPLIKAN KOMUNITAS: METODE RELEVE</b>	<b>47</b>
5.1 Tiga Persyaratan Sebuah Cuplikan Tegakan, Terutama Persyaratan Homogenitas	47
5.2 Area Cuplikan Minimum—Persyaratan Ukuran	49
5.2.1 Teknik Petak Disarankan	50
5.2.2 Kriteria untuk Ukuran Releve	50
5.2.3 Evaluasi Konsep Area Minimum	55

5.3	Contoh Sebuah Analisis Releve	57
5.3.1	Kuantitas Jenis dan Stratifikasi	57
5.3.2	Bagian Informasi yang Pokok	61
5.3.3	Rincian Selanjutnya untuk Penelaahan Lengkap	61
5.4	Penaksiran Kuantitas Jenis	62
5.4.1	Istilah Nilai Relatif	62
5.4.2	Nilai Skala Absolut	63
5.4.2.1	Skala Penutup-Kelimpahan Braun-Blanquet	63
5.4.2.2	Skala Penutup-Kelimpahan Domin-Krajina	66
5.4.2.3	Skala Penutup Daubemire	67
5.4.3	Penaksiran Biomassa dengan Pemisahan dalam Komunitas Rumput	68
5.4.4	Penaksiran Vitalitas dan Gegas	69
5.4.5	Penaksiran Sosiabilitas dan Sebaran	70
<b>6.</b>	<b>PENGUKURAN KUANTITAS JENIS</b>	<b>73</b>
6.1	Parameter Kuantitatif Vegetasi	73
6.2	Pengukuran Kerapatan Kuadrat	74
6.2.1	Pengukuran Kerapatan dalam Kuadrat	75
6.2.2	Bentuk Kuadrat Kerapatan	76
6.3	Penentuan Frekuensi	77
6.3.1	Frekuensi dalam Kuadrat—Sebuah Ukuran Tidak Mutlak	78
6.3.2	Ukuran Petak untuk Penentuan Frekuensi	80
6.3.3	Frekuensi dan Area Minimum	81
6.4	Bagaimana Menentukan Ukuran Cuplikan	83
6.4.1	Pendekatan Statistik	84
6.4.2	Memetakan Rerata Kumulatif	84
6.5	Pengukuran Penutup	88
6.5.1	Nilai Ekologi Penutup	88
6.5.2	Metode Diameter Tajuk	89
6.5.3	Metode Pemetaan Kuadrat	90
6.5.4	Metode Intersep-titik	93
6.5.4.1	Penerapan terhadap Penutup Terna	93
6.5.4.2	Penerapan kepada Penutup Pohon	99
6.5.5	Metode Intersep-Garis	101



## Daftar Isi

<b>7. METODE PETAK-HITUNG DAN TEKNIK PENCUPLIKAN TANPA-PETAK</b>	<b>105</b>
7.1 Perbedaan antara Petak-Hitung dan Metode Releve	105
7.2 Metode Survei Pohon	106
7.3 Contoh Sebuah Analisis Petak-Hitung	108
7.3.1 Interpretasi Struktur Tegakan	108
7.3.2 Hubungan Kerapatan dan Dominansi	111
7.4 Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak	112
7.5 Metode Radius Variabel Bitterlich	113
7.5.1 Teknik	114
7.5.2 Asas	116
7.5.3 Kalibrasi Pengukur Bitterlich	118
7.6 Metode Jarak Wisconsin	120
7.6.1 Konsep Jarak Rerata sebagai Ukuran Kerapatan	120
7.6.2 Aneka Metode Jarak	121
7.6.3 Metode Kuadran Berpusat Titik	123
7.6.4 Contoh Analisis Kuadran Berpusat Titik	125
7.6.5 Keterbatasan Metode Jarak	125
7.6.6 Modifikasi untuk Meluruskan Keterbatasan	129
7.6.7 Nilai Kepentingan	132
7.7 Contoh Pustaka tentang Analisis Lapangan Kuantitatif di Amerika Utara	135
7.7.1 Komunitas Hutan	136
7.7.1.1 Vegetasi Hutan di Amerika Utara Bagian Barat (Daubenmire)	136
7.7.1.2 Hutan Kayukeras—Tsuga (Borman & Buell)	137
7.7.1.3 Hutan Pasang, Carolina Utara (Bourdeau & Oosting)	138
7.7.1.4 Hutan Tanah Tinggi di Bagian Selatan Wisconsin (Bray & Curtis)	139
7.7.1.5 Hutan Cypress Hills, Alberta, dan Saskatchewan (Newsome & Dix)	139
7.7.2 Komunitas Terna dan Perdu Rendah	140
7.7.2.1 Komunitas Alpin di New Hampshire (Bliss)	140
7.7.2.2 Komunitas Terna Lahan-Basah, Saskatchewan (Walker & Wehrhan)	142

## Ekologi Vegetasi

7.7.2.3	Komunitas Perdu dan Rumput di Montana (Branson, Miller & McQueen)	143
7.7.3	Kesimpulan	145
7.7.3.1	Komunitas Hutan	145
7.7.3.2	Komunitas Terna dan Perdu Rendah	148
7.7.3.3	Ukuran Tegakan Cuplikan	150
<b>BAGIAN III Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi</b>		<b>153</b>
<b>8.</b>	<b>STRUKTUR VEGETASI, UNIT KLASIFIKASI DAN SISTEM</b>	<b>155</b>
8.1	Konsep Struktur Vegetasi	155
8.2	Bentuk–Hidup Tumbuhan	158
8.3	Spektrum Bentuk-Hidup	161
8.4	Stratifikasi Biomassa dan Diagram Profil	164
8.5	Aspek-aspek Fenologi dalam Komunitas Tumbuhan	165
8.6	Klasifikasi: Batas-batas dan Kemungkinan	169
8.6.1	Distribusi Tumbuhan dan Klasifikasi	169
8.6.2	Kriteria dan Sistem untuk Klasifikasi Vegetasi	171
8.7	Unit dan Sistem Vegetasi Menurut Struktur	174
8.7.1	Konsep Formasi	174
8.7.2	Klasifikasi Struktural: Sistem Dansereau dan Sistem Kùchler	175
8.7.3	Sistem Formasi Struktural Fosberg	177
8.7.4	Sistem Formasi Struktur-Ekologi UNESCO	180
8.7.5	Sinusia: Transisi ke Interpretasi Unit Floristik dan Fungsional	183
8.8	Sistem Kombinasi Vegetasi-Lingkungan atau Ekosistem	185
8.8.1	Sistem Zonasi Biogeoklimat Krajina	185
8.8.2	Klasifikasi Ekosistem Dunia	188
8.9	Unit Vegetasi Floristik dan Sistem	191
8.9.1	Konsep Tipe Komunitas Dominansi Jenis: Sosiasi dan Konsosiasi	191
8.9.2	Konsep Asosiasi	193
8.9.3	Sistem Asosiasi Floristik Braun-Blanquet	195

## Daftar Isi

<b>9. KLASIFIKASI VEGETASI DENGAN PEMBANDINGAN TABEL</b>	<b>199</b>
9.1 Pembuatan Tabel Kasar	201
9.2 Menghitung Derajat Konstansi	202
9.3 Menentukan Jenis Pembeda	206
9.4 Komunitas Tumbuhan Abstrak Tidak Berperingkat	214
9.5 Pemeringkatan Komunitas Tumbuhan Abstrak	218
9.6 Penentuan Asosiasi Tumbuhan dan Jenis Penciri	228
9.7 Nilai Konsep Aliansi	233
<b>10. PERLAKUAN MATEMATIKA DATA VEGETASI</b>	<b>235</b>
10.1 Koefisien Kesamaan Komunitas Tumbuhan	236
10.1.1 Indeks Kesamaan Menurut Jaccard	236
10.1.2 Indeks Kesamaan Menurut Sørensen	238
10.1.3 Hubungan Kesamaan yang Melibatkan Kuantitas Jenis	239
10.1.4 Penerapan Indeks Kesamaan untuk Pengaturan Releve	241
10.1.5 Perbandingan Tujuh Indeks Kesamaan	243
10.1.6 Nilai Ambang untuk Mengklasifikasi Asosiasi	248
10.2 Korelasi Antara Jenis	250
10.3 Ordinasi Jenis	255
10.3.1 Penerapan Tabel Kontingensi 2 x 2	257
10.3.2 Dua Contoh dari Pustaka	262
10.4 Klasifikasi Objektif	266
10.5 Sintesis Releve Menggunakan Kartu Berlubang dengan Lubang Peneropong	270
10.6 Sintesis Releve dengan Komputer	274
10.6.1 Pemilahan Jenis dengan Konstansi	274
10.6.2 Pemilahan Releve Menurut Kelompok Kesamaan	275
10.6.3 Pemilihan Jenis Pembeda	290
10.7 Ordinasi Cuplikan Tegakan	299
10.7.1 Ordinasi Satu Dimensi	299
10.7.2 Ordinasi Multidimensi	301
10.7.2.1 Pembuatan Sumbu X	304
10.7.2.2 Pembuatan Sumbu Y	309
10.7.2.3 Pembuatan Sumbu Z	312
10.7.2.4 Prosedur Modifikasi	315

## Ekologi Vegetasi

10.7.2.5	Grafik Ordinası Sebaran Jenis	318
10.7.2.6	Uji Statistik Sebuah Ordinası	320
10.8	Metode Dendrogram	324
10.8.1	Pembuatan Dendrogram dengan Analisis Gugus	325
10.8.2	Klasifikasi Gugus-gugus Dendrogram	328
<b>BAGIAN IV Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi</b>		<b>331</b>
<b>11. STUDI KORELASI VEGETASI-LINGKUNGAN</b>		<b>333</b>
11.1	Kelompok Jenis-jenis Ekologi	333
11.1.1	Konsep	333
11.1.2	Pembentukan Kelompok Ekologi	337
11.1.3	Komunitas Tumbuhan sebagai Kombinasi Kelompok Ekologi	342
11.1.4	Spektrum Kelompok Ekologi	344
11.2	Klasifikasi Lahan Berlandaskan Ekologi	347
11.2.1	Faktor lingkungan dan Tujuan Tata Guna Lahan	347
11.2.2	Pembuatan Seri Ekologi	348
11.2.3	Jenis Tumbuhan Bawah sebagai Indikator Ekologi	353
11.3	Analisis Landaian Lingkungan	357
11.3.1	Konsep	357
11.3.2	Teknik	358
11.3.3	Kesimpulan	362
11.3.4	Empat Hipotesis	364
11.3.5	Penerapan dalam Evolusi	365
<b>12. PENYELIDIKAN ANALITIS SEBAB-MUSABAB TENTANG ASAL KOMUNITAS TUMBUHAN</b>		<b>367</b>
12.1	Lingkup Pendekatan Analitis Sebab-musabab	367
12.2	Penyebab Pembentukan Komunitas	368
12.3	Peran Penting Flora dalam Pembentukan Komunitas	370
12.3.1	Akses ke Habitat	371
12.3.2	Kehadiran Jenis Tumbuhan Terpendam	373
12.4	Vegetasi dan Habitat	374
12.4.1	Analisis Kualitatif tentang Habitat	374
12.4.2	Analisis Kuantitatif tentang Faktor-faktor Habitat	375

## Daftar Isi

12.5	Herbivori	376
12.6	Kompetisi	377
12.6.1	Tanggap Fisiologi dan Ekologi	378
12.6.2	Mekanisme dalam Kompetisi	386
12.6.3	Peran Penting Bentuk Hidup dalam Kompetisi Spasial	388
12.7	Alelopati	391
12.8	Peran Penting Sejarah dan Evolusi dalam Analisis Sebab-musabab	395
12.8.1	Sejarah Hubungan Sebab dan Akibat	395
12.8.2	Faktor-faktor Tekanan Evolusi	398
12.8.3	Koeksistensi Jenis	400
12.8.4	Keanekaragaman Jenis	402
12.8.5	Hubungan Struktur dan Fungsi	404
12.9	Analisis Sebab-musabab Komunitas Tumbuhan	406
<b>13.</b>	<b>SUKSESI, KLIMAKS, DAN STABILITAS</b>	<b>407</b>
13.1	Konsep Sukseksi	407
13.2	Aneka Ragam Sukseksi	408
13.3	Metode Penelitian Sukseksi	414
13.3.1	Penelitian di Kawasan yang Sama	414
13.3.2	Pembandingan Berdampingan	417
13.4	Contoh-contoh Sukseksi	418
13.4.1	Sukseksi Primer	419
13.4.1.1	Sukseksi pada Substrat Stabil	419
13.4.1.2	Sukseksi pada Substrat Tidak Stabil	426
13.4.2	Sukseksi Sekunder	433
13.4.2.1	Sukseksi Lahan yang Ditinggalkan	433
13.4.2.2	Pembalakan dan Sukseksi Setelah Kebakaran	436
13.4.2.3	Sukseksi Jenis Eksotik	437
13.5	Konsep Klimaks dan Stabilitas	438
13.5.1	Konsep Monoklimaks	439
13.5.2	Konsep Poliklimaks	442
13.5.3	Kesulitan dengan Kedua Konsep Klimaks	446
13.5.4	Stabilitas Komunitas	447
13.5.5	Konsep Ruang Melibatkan Stabilitas Umum	450

<b>14. VEGETASI DAN PEMETAAN TAPAK</b>	455
14.1 Konsep Vegetasi dan Pemetaan Tapak	455
14.2 Mozaik Komunitas Tumbuhan	456
14.2.1 Kompleks Komunitas Alami	456
14.2.2 Kompleks Komunitas Lahan Budi Daya	457
14.2.2.1 Komunitas Pengganti	457
14.2.2.2 Komunitas Kontak	459
14.3 Tujuan Pemetaan	459
14.4 Muatan dan Skala Peta	463
14.5 Vegetasi Aktual dan Potensial	465
14.6 Simbol dan Warna Peta	468
14.7 Alat Bantu Pemetaan Lapangan	469
14.7.1 Peta Topografi dan Foto Udara	469
14.7.2 Kunci-kunci Peta	472
14.8 Perbandingan Metode Pemetaan Vegetasi dan Pemetaan Tapak	473
<b>BAGIAN V Kesimpulan</b>	487
<b>15. SINTESIS TUJUAN DAN METODE DALAM EKOLOGI VEGETASI</b>	489
15.1 Kepentingan Ilmiah dan Praktis	489
15.2 Perkembangan ke Depan Ekologi Vegetasi	490
15.3 Sintesis Metode	491
<b>Lampiran</b>	495
A. Kunci untuk Bentuk-Hidup Tumbuhan Menurut Raunkiaer dengan Subdivisi yang Telah Direvisi (Dari Ellenberg & Mueller-Dombois, 1967b)	497
B. Klasifikasi Fisiognomi-ekologi Sementara Formasi Tumbuhan di Bumi (Direvisi Ellenberg & Mueller-Dombois, 1967 A)	520
C. Kunci untuk Pemetaan Tipe-tipe Vegetasi Struktural di Sri Lanka Tenggara pada Mozaik Foto Udara dengan Skala 1:31.680 (Dari Mueller-Dombois, 1968)	553
D. Kunci untuk Pemetaan Tipe-tipe Habitat Hutan di Manitoba Tenggara dengan Bantuan Foto Udara Baku 1:15.840m (Dari Mueller-Dombois, 1965a)	559

<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	565
<b>INDEKS PENGARANG</b>	591
<b>INDEKS SUBJEK</b>	595

# PENGANTAR PENERJEMAH

Sudah hampir empat dasawarsa kami meneliti ekologi tumbuhan, khususnya vegetasi Indonesia. Selain itu, kami pun menularkan dan berbagi pengetahuan tentang ekologi tumbuhan kepada para mahasiswa, peminat dan pengguna, serta sesama pakar. Dalam berkegiatan tersebut, kami temukan betapa langkanya buku konsep dan metode, yang ditulis dalam bahasa Indonesia, bagi penelitian ekologi tumbuhan, khususnya vegetasi. Memang benar bahwa beberapa buku teks baru tentang komunitas tumbuhan telah terbit di dunia dalam empat dasawarsa terakhir ini. Akan tetapi, belum ada di antara buku-buku baru tersebut yang secara mendalam membahas konsep dan metodologi dengan jangkauan luas, termasuk pengembangan metode baru untuk analisis vegetasi di lapangan. Buku-buku teks baru tersebut lebih menekankan teknik multivariat, termasuk ordinasi untuk analisis data komunitas tumbuhan dengan menggunakan paket-paket perangkat lunak.

Temuan itu mendorong kami untuk mencoba memperkaya khazanah ilmiah Indonesia dengan menerjemahkan buku *Aims and Methods of Vegetation Ecology* karya D. Mueller-Dombois dan H. Ellenbergh ke dalam bahasa Indonesia.

Buku *Aims and Methods of Vegetation Ecology* karya D. Mueller-Dombois dan H. Ellenbergh ini merupakan sebuah buku klasik yang dikategorikan sebagai satu dari 20 buku penting yang harus didalami dan dimiliki para pakar, peneliti, dan pengajar ekologi tumbuhan di seluruh dunia (Keddy, Paul A. 2005. *Milestones in ecological thought – A canon for plant ecology*, *Journal of Vegetation Science* 16: 145-10). Dinilai demikian karena buku ini membahas dan mengintegrasikan pemikiran dan metodologi Eropa dan Anglo-Amerika, baik dari segi teori



maupun praktik, dalam penelitian ekologi vegetasi. Cakupan ruang lingkungannya luas sehingga cocok untuk dijadikan pedoman bagi studi vegetasi tropik seperti di Indonesia yang sangat beranekaragam tetapi belum banyak diungkapkan.

Secara garis besar, vegetasi Indonesia berkisar dari komunitas primer, komunitas sekunder, dan komunitas binaan termasuk komunitas gulma, yang terdapat di lahan kering dan rawa dari pantai hingga ke puncak gunung bersalju dalam kawasan beriklim selalu basah hingga kawasan yang secara periodik beriklim kering. Klasifikasi vegetasi berbasis fisiognomi-ekologi yang dimuat sebagai lampiran dalam buku ini tidak ditemukan dalam buku teks lain. Sistem dan metode klasifikasi ini sangat penting dan relevan untuk diterapkan pada vegetasi Indonesia, yang komposisi floristiknya belum banyak dipertelakan. Sebagian besar penelitian vegetasi Indonesia yang telah dilaksanakan terfokus pada ekosistem hutan, terutama hutan pamah dipterokarpa (*lowland dipterocarp*) dalam kawasan suaka alam di Kalimantan dan Sumatera.

Penelitian ekologi vegetasi memberi aneka manfaat, termasuk menyediakan data penting yang dapat menjadi landasan bagi pemanfaatan dan konservasi keanekaragaman hayati dan sumber daya alam lain. Konservasi jenis-jenis tropik yang efektif bergantung kepada pengetahuan dasar tentang sebaran jenis dalam ruang, dinamika populasinya, dan interaksi yang kompleks antarjenis dalam komunitas. Data vegetasi dihimpun tidak semata-mata untuk keperluan ilmiah, tetapi juga untuk berbagai tujuan praktis, seperti pengumpulan berbagai hasil hutan, tata guna lahan, perlindungan tanah, tata air, penggembalaan, dan penambangan. Pemahaman menyeluruh tentang vegetasi dan interaksi dengan lingkungannya memungkinkan para perencana tata guna lahan menentukan pemanfaatan terbaik dari sumber daya dalam konteks pembangunan berkelanjutan.

Kami berharap buku Ekologi & Vegetasi edisi bahasa Indonesia ini dapat mengilhami, merangsang, dan melandasi penelitian vegetasi baik para mahasiswa, peneliti, pendidik, maupun para profesional lain di bidang ekologi.

## Ekologi Vegetasi

Dalam penerjemahan ini, kami menggunakan M.A. Rifai (2004), *Kamus Biologi*, Balai Pustaka, Jakarta; M.A. Rifai dan Ermitati (1995), *Glosarium Biologi*, Balai Pustaka, Jakarta; dan Departemen Pendidikan Nasional (2008), *Kamus Besar Bahasa Indonesia, Pusat Bahasa*, Edisi Keempat, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, sebagai acuan untuk berbagai istilah biologi dan ilmu terkait.

Bogor, 08 Oktober 2013

**Kuswata Kartawinata, Ph.D.**

Research Associate, Integrative Research Center  
Field Museum, Chicago, Illinois, USA

dan

Mantan Ahli Peneliti Utama

Herbarium Bogoriense

Pusat Penelitian Biologi, LIPI

Cibinong, Bogor

**Rochadi Abdulhadi, Ph.D.**

Profesor (Riset) Bidang Ekologi, Herbarium Bogoriense

Pusat Penelitian Biologi, LIPI

Cibinong, Bogor



# PREFACE TO THE TRANSLATION

A great effort and inspired devotion was spent by Dr. Kuswata Kartawinata in translating this ecology text into the language of his country. As the principal author of the English version I feel honored to be asked to write a few words about the history of this book.

*Aims & Methods of Vegetation Ecology* was published in 1974 by Wiley & Sons. It rapidly became known as the first synthesis of the European and Anglo-American approaches to studies in plant community ecology and vegetation science. Nothing ever equaled that synthetic approach. The book still holds that unique position today. Because of continued demand, the book was republished as a classic in 2002.

The book began as a small (136 page) German textbook in 1956, authored by Professor Heinz Ellenberg, who was my mentor. The book was a special text in a textbook series named “Einfuehrung in die Phytologie” (Introduction to Plant Science) by Heinrich Walter, another of my early mentors and internationally well respected book authors. The small book clarified in understandable detail the system of plant community research and classification as initiated by Josias Braun-Blanquet and Reinhold Tuexen, the founders of Phytosociology.

Two decades later the small book evolved into a much enlarged (547 page) book with the inclusion of the Anglo-American and other approaches. It became the first text to use the term *vegetation ecology* in its title for international application.

The book clarified the European relevé method as complementary to the American count-plot method. This became acknowledged as a shift in paradigm.

The book was rapidly adopted as a major text in over 60 North American universities and colleges. A Wiley softcover edition was widely distributed overseas. The book went through seven reissues after which it was declared out-of-print by the original publisher. But the demand continued for smaller graduate

Sambutan dari Penulis pertama untuk edisi terjemahan

classes, and a new publisher, Blackburn Press, got the copyright from Wiley to republish the book as a classic in 2002.

The aims and methods of field sampling, data analysis and synthesis served for deriving and analyzing field data not only for plants, but also for many other organism groups, such as birds, rodents, foliar and soil arthropods, litter-inhabiting diptera, soil fungi and algae, etc. This is exemplified in the synthesis volume of the IBP (International Biological Program series 15) “Island Ecosystems: Biological Organization in Selected Hawaiian Communities” originally published in 1981 and now also republished as a classic by Blackburn Press 2013.

In the late-1990s the book suddenly appeared in Chinese language without a licensing agreement. That did not bother me as the principle author. Professor Ellenberg had passed away in 1997. He would have gladly agreed to the translation by Dr. Kuswata into the Indonesian language.

Translating science books requires not only a complete proficiency in the respective languages but also the appropriate parlance of use in the respective scientific specialty.

A translator, with little knowledge of the subject matter, will cause misunderstandings. This often happens, and I am still skeptical of the Chinese translation. It may have caused more harm than good. However, with Dr. Kuswata taking on the task, as my highly trusted and accomplished former PhD student in vegetation ecology, I am sure that the result is professionally accurate. Hopefully it will inspire a next generation of Indonesian vegetation ecologists.

Dieter Mueller-Dombois  
Emeritus Professor of Botany & Ecology  
University of Hawai`i at Manoa, Honolulu  
April 7, 2013

# PENGANTAR

Kami percaya bahwa buku ini adalah buku yang pertama membuat sintesis terpadu berbagai pendekatan Eropa dan Anglo-Amerika tentang sinekologi tumbuhan atau sains vegetasi. Buku ini menggabungkan konsep-konsep klasik dan mutakhir yang dilengkapi resep-resep rinci untuk analisis vegetasi dan pengolahan data dengan metode-metode yang teruji baik dan tepat untuk tujuan-tujuan yang telah ditentukan.

Buku ini ditulis berdasarkan buku terdahulu tentang metode-metode vegetasi oleh H. Ellenberg, yang ditulis dalam bahasa Jerman dan berjudul *Aufgaben und Methoden der Vegetationkunde* (Verlag Uegen Ulmer, Stuttgart 1956, 136 p.) dan sudah lama tidak terbit lagi. Buku ini menjadi populer sampai keluar Eropa karena penjelasan yang kritis dan rinci tentang metode releve (yaitu abstrak vegetasi atau cuplikan), yang diperkenalkan Braun-Blanquet. Potensi metode ini jarang diapresiasi di negeri-negeri yang berbahasa Inggris, yang kemungkinan besar karena halangan bahasa sehingga sulit untuk memahaminya. Metode Braun-Blanquet sering disebut sebagai metode kasar, yang menggunakan skala taksiran kelimpahan dan penutupan jenis, serta penempatan cuplikan secara subjektif, yang kemudian diikuti dengan klasifikasi unit-unit vegetasi. Pemahaman lebih mendalam akan menunjukkan bahwa sebenarnya lebih banyak lagi yang dapat diperoleh ketimbang yang disebut di atas. Perlu dikemukakan juga bahwa seleksi tegakan cuplikan secara subjektif mempunyai tempat dalam pencuplikan vegetasi dan bahwa kelimpahan jenis dapat ditelaah dengan derajat kepiawaian berbeda, yang bergantung kepada tujuan. Selanjutnya, metode sintesis releve Braun-Blanquet telah menjadi teknik dasar yang melandasi metode modern sintesis dan klasifikasi dengan komputer. Buku Ellenberg terdahulu berisi beberapa metode dan konsep vegetasi tambahan, misalnya “konsep kelompok ekologi” yang sampai sekarang tidak dikenal oleh para ekologiwan berbahasa Inggris.

Dua pengarang buku sekarang ini memutuskan untuk menyiapkan terjemahan dasar buku terbitan 1956, memperbaharui informasi terdahulu, dan memperluas cakupan dengan memasukkan metode dan konsep Anglo-Amerika. Metode analisis vegetasi yang digunakan peneliti Sovyet Rusia tidak secara

## Pengantar

khusus dibahas dalam teks ini karena tujuan utama metode mereka ditujukan kepada peninjauan kawasan luas yang cepat dan relatif sederhana, dan karena peninjauan seperti itu sudah lama tersedia bagi Eropa Barat dan Amerika Utara. Meskipun demikian, beberapa kontribusi konsep penting Rusia dan Eropa Timur dimasukkan. Seperti dalam buku pertama, yang dimasukkan dalam buku ini hanya teknik-teknik yang telah terbukti andal dan telah diterapkan secara luas serta bukan teknik-teknik yang merupakan berbagai modifikasi kecil yang masih dalam tahap penelitian atau teknik-teknik yang jarang digunakan. Metode-metode dan konsep-konsep yang baru dimasukkan ke dalam buku ini diperlakukan sama rincinya seperti materi yang ada dalam buku tahun 1956.

Sintesis berbagai pendekatan Eropa dan Amerika dicapai bukan hanya melalui pencampuran metode-metode dan konsep-konsep berbeda, melainkan melalui evaluasi tentang keterbatasan dan spesifikasi tujuan metode dan konsep tersebut. Seperti akan dapat dilihat dalam buku ini, pendekatan-pendekatan yang berasal dari kubu-kubu bahasa yang berbeda sampai batas tertentu hanya kompetitif sifatnya. Sebagian besar mereka benar-benar saling melengkapi. Dengan membawa konsep-konsep dan metode-metode tersebut dalam satu volume, bidang ilmu vegetasi dapat diperlakukan secara lebih memadai sebagai suatu disiplin ilmu tersendiri. Meskipun demikian, dari sudut pandang ekologi disiplin ilmu ini tidak dianggap sebagai akhir dari bidang itu, tetapi sebagai pengantar ke bidang-bidang terkait lain, khususnya ekologi, ekosistem fungsional.

F. Raymond Fosberg telah membantu membaca dengan kritis naskah buku yang sedang dikembangkan dan memberikan saran-saran yang sangat bermanfaat. Kami juga sangat berterima kasih kepada Michael C. Barbour, yang sebagai ekologiwan profesional telah memberikan kritik konstruktif dan juga membuat tinjauan bagi penerbit, John Wiley & Sons, Inc. Selanjutnya, kami ingin menyampaikan terima kasih kepada Dr. H. Heller dan Dr. Erika Geyger (Universitas Göttingen) atas bantuannya mencari literatur lama. Akhirnya, kami sampaikan terima kasih kami kepada mahasiswa ekologi vegetasi (semester musim semi 1971 dan 1972) di Universitas Hawaii, yang secara tidak langsung membantu dalam pengembangan naskah dan secara langsung menyediakan cuplikan data yang digunakan dalam buku ini. Kami pun berterima kasih kepada T. Nakata yang telah membuat gambar-gambar serta kepada Harriet Matsumoto, Barbara Myers, dan Lynnette Araki yang telah mengetik berbagai bab dari naskah tersebut.

*Dieter Mueller-Dombois*, Honolulu, Hawaii

*Heinz Ellenberg*, Göttingen, Jerman Barat

# PRAKATA

Vegetasi merupakan salah satu sifat utama geografi di hampir semua bagian permukaan bumi. Hanya hamparan es di kutub yang tidak mempunyai gugus tumbuhan yang dapat berbiak sendiri dan dalam kelompok membentuk vegetasi. Di beberapa wilayah mungkin hanya ditemukan plankton ganggang mikroskopik, jamur tanah, atau bakteri, tetapi selalu ada komponen tumbuhan dalam hampir semua ekosistem utama dan di sebagian besar ekosistem kecil. Paling tidak, dalam ekosistem utama vegetasi merupakan komponen dasar, yang menjadi produsen primer penggerak sistem melalui penangkapan energi surya.

Praktis setiap bentang daratan yang menjadi lingkungan sekitar manusia di luar benda-benda buaatannya—kota, rumah, galian, dan kendaraan—hampir pasti sebagian besar adalah vegetasi. Vegetasi merupakan sifat-sifat permukaan yang paling menonjol di sebuah bentang lahan. Kehadiran semua hewan bergantung kepada vegetasi. Sebagian besar kegiatan manusia dalam banyak hal terkait dengan vegetasi atau produknya. Dengan kata lain, vegetasi merupakan fakta kehidupan yang tidak dapat diabaikan. Oleh karena itu, vegetasi merupakan salah satu subjek yang paling penting untuk penelitian dan studi. Perhatian terhadap penelaahan vegetasi dapat diarahkan kepada keindahan, minat intrinsik atau kepentingan praktis, dan pemanfaatan.

Terdapat banyak buku dan tak terhitung publikasi tentang vegetasi. Hanya orang-orang yang membuat bibliografi tentang subjek ini akan mengetahui berapa jumlah tersebut. Sebagian besar dari publikasi tersebut mengenai pertelaan vegetasi, faktor lingkungannya, kepentingan dan pemanfaatan bagi manusia, pengelolaan dan pengendaliannya, serta interpretasi tentang pentingnya dan hubungannya di antara semua segi tersebut. Hanya sedikit sekali karya tentang vegetasi yang menangani secara komprehensif bagaimana kita meneliti vegetasi. Pada tahun 1926, Tansley & Chipp menerbitkan sebuah buku berjudul *Aims and Methods in the Study of Vegetation*, yang dalam hal ini merupakan sebuah tonggak. Buku ini merupakan sebuah pembahasan umum tentang studi vegetasi dan pendadaran berbagai gagasan mengenai metode efektif deskripsi dan studi vegetasi



yang ditinjau pada waktu itu, terutama dari sudut pandang Inggris. Karena minat orang Inggris yang luas dan jangkauan Kerajaan Inggris yang jauh, sudut pandang Inggris dalam sebuah teks umum pada waktu itu merupakan suatu hal yang wajar.

Apakah karena buku Tansley & Chipp atau karena penulisan yang meyakinkan dan kuat oleh sekelompok ekologiwan tumbuhan Amerika, atau, barangkali yang lebih mungkin, karena provinsialisme linguistik orang-orang yang berbahasa Inggris bahkan di antara para ilmuwan, sebuah ajaran ekologi tumbuhan “Anglo-Amerika” berkembang, dan selama hampir setengah abad telah mendominasi sains vegetasi di bagian dunia yang berbahasa Inggris. Perkembangan yang luar biasa dalam geobotani dan fitososiologi di Sovyet dan benua Eropa tetap tidak banyak dikenal dan jarang dimengerti oleh sebagian besar ekologiwan berbahasa Inggris serta pengikut-pengikut dan mahasiswanya. Bahkan terjemahan karya Braun-Blanquet (1932) dalam bahasa Inggris oleh Fuller & Conard tidak menghasilkan riak pada kepuasan diri-sendiri para pengikut ajaran-ajaran Clements dan Tansley dalam bidang ini.

Pada tahun akhir-akhir ini, dengan meningkatnya keprihatinan dan minat ekologi, kesadaran mengenai karya-karya dan pemikiran ekologi di bagian lain dunia meningkat. Permintaan terhadap terjemahan dalam bahasa Inggris buku-buku terkemuka Rusia dan Jerman tentang sains vegetasi yang tidak terjangkau oleh sebagian besar ilmuwan berbahasa Inggris meningkat karena sistem pendidikan yang tidak memadai dalam pengajaran bahasa asing.

Terjemahan yang bagus dari tulisan-tulisan ilmiah jarang dijumpai, karena hanya sedikit ilmuwan yang benar-benar pandai berbicara dua bahasa dan karena ilmuwan biasanya terlalu sibuk dengan pekerjaannya sehingga tidak mempunyai waktu untuk menerjemahkan karya orang lain. Oleh karena itu, sebagian besar teks-teks vegetasi tetap tidak diterjemahkan.

Salah satu buku tentang vegetasi Benua Eropa terbaik yang tersedia adalah *Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde* (1956) oleh Heinz Ellenberg, salah seorang ekologiwan tumbuhan dan pakar fitososiologi Eropa yang sangat terkemuka. Ditulis dalam bahasa Jerman, buku ini benar-benar tidak terjangkau oleh ekologiwan berbahasa Inggris. Dengan laju perkembangan yang cepat dalam bidang sains vegetasi, edisi baru buku tersebut diperlukan sekali. Kita beruntung bahwa edisi baru yang merupakan hasil revisi total buku tersebut telah disiapkan oleh Dieter Mueller-Dombois, yang berkolaborasi erat dengan Heinz Ellenberg. Lahir di Jerman, Mueller-Dombois telah lebih dari 20 tahun

bekerja dan tinggal di Amerika dan Sri Lanka, berbicara bahasa Inggris fasih sekali dan bersamaan dengan itu ia juga telah berkembang menjadi salah seorang ekologiwan Amerika yang paling cakap dan tangguh. Pengalaman yang diperoleh selama sebelas tahun ia bermukim di Kanada Tengah dan Pasifik Barat Daya serta hampir satu dasawarsa bekerja di daerah tropik menjadikan Mueller-Dombois orang yang mempunyai wawasan luas dan tepat untuk menyajikan kemampuan, pengalaman yang luas dan keandalan Ellenberg kepada masyarakat ilmiah yang tidak berbahasa Jerman. Mueller-Dombois telah menambahkan spektrum yang luas tentang pemikiran dan metodologi Amerika, baik dari segi teori maupun praktik, kepada pengetahuan Ellenberg yang mendalam tentang ekologi Eropa. Selain itu, ia juga telah memperluas ruang-lingkup karyanya sehingga buku tersebut cocok menjadi pedoman untuk studi vegetasi tropik yang semakin meningkat dan sangat penting.

Dalam buku ini dapat dibaca pembahasan mengenai teori vegetasi, penjelasan tentang manfaat dan minat terhadap studi vegetasi dan sebuah buku-masak (*cook-book*) sains vegetasi. Daftar isi akan menunjukkan bahwa buku ini menggunakan pendekatan komprehensif. Bagian pertama memberikan kepada mahasiswa dan pembaca yang bukan pakar, latar belakang dan apresiasi terhadap ekologi vegetasi bersama dengan filosofi yang mendasarinya. Bagian II, III, dan IV, menggabungkan penjelasan rinci gejala-gejala vegetasi dengan penjelasan yang rinci tentang sebagian besar metode yang digunakan dalam penelitian. Menurut sepengetahuan saya, belum pernah pandangan yang rinci, cermat, dan terpadu tentang metodologi dasar untuk penelitian ilmiah penutup tumbuhan bumi dihimpun seperti itu.

Bagian V adalah sintesis tentang tujuan dan metode penelitian ekologi vegetasi. Telah berhasil dibuat rekonsiliasi pandangan Tansley dan Chipp serta ajaran Anglo-Amerika yang pada dasarnya seragam dengan beberapa pendekatan Rusia dan Eropa kontinental. Paling tidak pengabaian fitososiologi Eropa oleh para peneliti Amerika tidak lagi merupakan ketidaktahuan, tetapi hanya karena pilihan.

Dari sudut pandang mahasiswa, orang-orang yang malas dapat memulai penelitian dengan metodologi yang andal tanpa keharusan berpikir banyak yang menjengkelkan. Orang-orang yang bermental siaga dan agresif dapat melaksanakan penyelidikan untuk memahami alam dan penelaahan sepanjang batas-batas pengetahuan dari landasan yang andal dan aman.

## Prakata

Seberapa baik para penulis telah mencapai tujuan untuk menyediakan landasan bagi penelitian tentang pola-pola dan sifat-sifat vegetasi hanya dapat diapresiasi setelah membaca buku ini. Saya tanpa ragu merekomendasikan untuk menggunakan buku ini, karena menurut sepengetahuan saya sejauh ini buku ini adalah yang terbaik dalam lingkungannya.

F.R. Fosberg

**BAGIAN I**  
**UMUM**



# 1

## PENDAHULUAN – PENJELASAN KONSEP

### 1.1 EKOLOGI VEGETASI

Ekologi vegetasi (diciptakan untuk pertama kali dalam buku ini) menggabungkan kedua istilah Eropa dan Inggris-Amerika (Anglo-Amerika) untuk mendefinisikan bidang penelitian, pengetahuan, dan teknik. Bidang penelitian ini dikenal baik di Eropa maupun di Amerika, namun perbedaan-perbedaan dalam terminologi dan metodologi pada masa lalu telah mengaburkan kesamaan dan telah menghalangi kerja sama.

Buku ini menyajikan ringkasan modern tentang ilmu vegetasi (seperti dikenal di Eropa) atau sinekologi tumbuhan (seperti dikenal di Inggris dan Amerika), sebuah sintesis yang diharapkan akan memberikan informasi kepada mahasiswa baru dan merangsang para profesional.

Ekologi vegetasi selanjutnya akan didefinisikan lebih teliti kemudian dalam bab ini, tetapi untuk sekarang ini akan diuraikan secara luas sebagai studi tentang komunitas tumbuhan atau vegetasi. Tumbuhan secara tipikal terdapat bersama-sama dalam kelompok-kelompok berulang dari tumbuhan yang berasosiasi. Kelompok-kelompok ini disebut komunitas, dan komunitas-komunitas tersebut paling baik dipertelakan dengan mencatat identitas dan bentuk-hidup jenis yang paling melimpah, jenis terbesar, atau jenis yang paling khas dari suatu komunitas tertentu. Ini berarti bahwa komunitas tidak dipertelakan hanya dengan membuat daftar semua jenis yang membentuknya, yang seolah-olah masing-masing memiliki kepentingan yang setara, alih-alih sebuah komunitas dicirikan dengan memperinci jenis-jenis tersebut yang menyumbangkan paling banyak kepada stuktur khas dan komposisinya.

Perhatikan bahwa sebuah komunitas (atau vegetasi secara umum) tidak sama dengan flora suatu daerah. Dalam bentuk yang paling sederhana, flora mengacu kepada sebuah daftar jenis atau taksa tumbuhan yang terdapat di suatu daerah.

Sebuah flora dalam dokumen dapat berkisar dari sebuah daftar flora hingga suatu uraian taksonomi dengan kunci dan informasi morfologi serta tatanama. Sudah pasti bahwa suatu flora tidak menyajikan informasi baik tentang kombinasi (komunitas) di mana terdapat jenis-jenis maupun mengenai kelimpahan, kepentingan, atau kekhasannya—dalam hal ini semua jenis mempunyai bobot sama.

Ekologi vegetasi tidak saja berkaitan dengan identifikasi komunitas tumbuhan (vegetasi) di suatu daerah, tetapi juga penentuan hubungan antara satu komunitas dan komunitas lain serta hubungan komunitas dengan faktor-faktor lingkungannya.

## 1.2 BAGAIMANA MENGENAL KOMUNITAS TUMBUHAN

Karena kelompok-kelompok tumbuhan membentuk komunitas, banyak pakar ekologi vegetasi berasumsi bahwa berbagai tumbuhan dalam sebuah komunitas saling memengaruhi satu terhadap yang lain dan/atau bahwa tumbuh-tumbuhan tersebut mempunyai hubungan yang sama dengan lingkungannya. Ini berarti ketergantungan satu terhadap yang lain (interdependensi), bahwa keseluruhan itu lebih besar dari jumlah bagian-bagiannya, dan komunitas adalah **seutuhan** (*entity*) yang terpadu.

Untuk tujuan praktisnya, komunitas tumbuhan dapat dianggap sebagai bagian (subdivisi) suatu penutupan vegetasi. Bila suatu penutupan menunjukkan perubahan nyata menurut ruang, maka berbagai komunitas dapat dibedakan.

Perubahan-perubahan ini dapat disebabkan oleh perubahan dalam komposisi jenis menurut ruang, perubahan dalam jarak antartumbuhan serta tinggi tumbuhan, perubahan dalam bentuk pertumbuhan atau bentuk-hidup tumbuhan, atau respons musiman tumbuhan terhadap sifat-sifat lain vegetasi, yang pada gilirannya dapat terkait dengan perubahan ruang dalam lingkungan. Parameter vegetasi apa pun yang menyebabkan perubahan tersebut, semua merupakan bagian dari definisi, pertelaan, dan interpretasi sebuah komunitas. Ini semua akan dibahas secara terinci dalam buku ini.

Perubahan ruang karena kombinasi jenis sering jelas bahkan bagi pengamat sepintas. Ia dapat melihat bahwa perubahan kombinasi jenis terkait dengan perubahan lingkungan. Misalnya saja, perubahan-perubahan yang terkait dengan kelembapan tanah pada suatu cekungan setempat di suatu daerah tertutup rumput atau terkait dengan perubahan karena iklim akan tampak jelas. Vegetasi bawah

di dalam hutan juga bereaksi terhadap intensitas dan ritme musiman cahaya di bawah kanopi hutan **meranggas** (*deciduous*). Pada habitat yang lebih ekstrem, seperti rawa, bukit pasir di pantai, dan rawa air masin, bentuk-hidup tumbuhan dan kombinasi jenis sering sangat berbeda dari tutupan tumbuhan di sebelahnya sehingga mereka memperlihatkan diri sebagai komunitas berbeda.

Bergantung kepada sifat-sifat vegetasi dan daerah, perubahan berkisar dari yang mendadak sampai transisional atau sangat perlahan dan kabur. Oleh karena itu, komunitas tumbuhan ada yang mudah dikenal dan ada yang tidak mudah dikenal oleh peneliti pada pengamatan pertama. Komunitas yang tidak mudah dikenal peneliti yang tidak berpengalaman dapat dengan mudah dikenal oleh peneliti yang berpengalaman. Selanjutnya, pola-pola tertentu mungkin tidak tampak pada pengamatan pertama bahkan oleh peneliti yang berpengalaman. Pola-pola tersebut akan menjadi jelas hanya melalui pengenalan vegetasi suatu daerah yang lebih mendalam dan cermat. Pengenalan dan pendefinisian komunitas tumbuhan merupakan suatu keterampilan yang dapat dipelajari. Sementara itu, variasi-variasi tertentu penutupan tumbuhan mungkin tampak sangat jelas pada pengamatan pertama, tetapi kemudian setelah penelitian lebih lanjut diketahui bahwa mereka hanya merupakan fase-fase transisi dari tipe komunitas yang sama. Ini mungkin berlaku, misalnya, bagi fase muda atau fase yang lebih tua suatu tipe komunitas hutan atau dapat juga berlaku bagi fase musim dingin dan musim panas pada tipe komunitas semi-gurun, yang dicirikan oleh vegetasi terna berumur pendek. Kemampuan untuk mengenal variasi sementara sebagai fase jangka pendek dari tipe komunitas yang lebih mendasar dapat dicapai melalui analisis dan perbandingan yang sering dilakukan serta pengalaman dalam suatu vegetasi regional.

Anggota komunitas tumbuhan bukan hanya tumbuhan besar (termasuk paku-pakuan, lumut, dan lumut kerak) yang nyata terlihat, melainkan juga jamur, ganggang dan mikroorganisme. Mikroorganisme sering kali sangat penting bagi keseluruhan komunitas dalam pendauran hara. Sama halnya dengan berbagai hewan yang hidup dari bahan organik di dalam dan di atas tanah.

Meskipun demikian, karena studi tentang kelompok organisme ini memerlukan spesialisasi dan penerapan teknik khusus, biasanya studi tentang vegetasi terbatas pada komunitas tumbuhan tinggi, kriptogam berpembuluh, lumut, dan lumut kerak. Tumbuhan ini merupakan produsen yang dominan dalam komunitas terestrial.



Kami tidak bermaksud mengabaikan pendapat beberapa pakar ekologi tumbuhan (misalnya Whittaker 1970) bahwa komunitas sering kali kurang dari satuan nyata dan mungkin sering dipandang sebagai sesuatu yang tidak lebih dari pengelompokan secara kebetulan dari beberapa jenis yang kisaran toleransinya terhadap lingkungan bertumpang-tindih. Dalam pandangan ini interdependensi tidak dianggap dan keseluruhannya tidak lebih besar dari jumlah bagian-bagiannya. Memang dewasa ini terdapat perdebatan tentang manfaat konsep komunitas, dan kita akan kembali lagi ke masalah ini secara tidak langsung dalam bab-bab berikutnya.

### **1.3 TERMINOLOGI EROPA DAN ANGLO-AMERIKA**

Kami katakan bahwa istilah ekologi vegetasi merupakan istilah baru yang diciptakan untuk buku ini, dan bahwa sintesis komponen Eropa dan Amerika melambangkan usaha kami dalam buku ini untuk menyampaikan bersama-sama pandangan-pandangan Eropa dan Amerika tentang ekologi. Suatu hambatan dalam maksud ini adalah kekacauan yang ada antara peristilahan yang dipakai para peneliti Anglo-Amerika dan Eropa.

Di Eropa, botani lapangan disebut geobotani (Grisebach 1866; Rübel 1922; Ellenberg 1968a). Pada mulanya geobotani hanya terdiri atas taksonomi tumbuhan tradisional, tetapi sekitar tahun 1800, Alexander Von Humboldt melebarkan bidang ini ke disiplin geografi tumbuhan. Pada tahun 1900-an, studi tentang komunitas telah menambah dimensi lain kepada geobotani. Cakupan sekarang tentang spesialisasi dalam geobotani ditunjukkan dalam Tabel 1.1.

Dalam konteks botani secara keseluruhan, geobotani menangani tingkat organisasi yang lebih tinggi (Dansereau 1969). Ini berarti bahwa minat ilmiah mulai dari segi struktur, sistematika, hingga fungsi tumbuhan secara individu di lapangan meluas ke segi yang sama dari populasi tumbuhan, komunitas, ekosistem, zona biogeoklimat (Krajina 1965), dan provinsi flora atau kawasan fitogeografi.

Tidak ada padanan istilah geobotani dalam konsep Anglo-Amerika. Meskipun demikian, dalam masing-masing subdivisi geobotani terdapat banyak sinonim atau yang mendekati padanan dalam konsep Anglo-Amerika dan Eropa. Karena bagian ini dimaksudkan untuk membuat kedua pihak satu sama lain senang, kami telah memilih untuk menyorikan peristilahan dalam bentuk tabel dan menekankan kesamaan, bukan perbedaan. Ini berarti bahwa Tabel 1.1 hanya

memberi padanan kira-kira saja dan tidak diartikan sebagai definisi singkat yang teliti dari berbagai istilah.

Perlu dikemukakan beberapa perbedaan paham dalam peristilahan di sini, selain dari yang dilihat pembaca dalam Tabel 1.1. Pertama, dari empat bidang umum spesialisasi, istilah ekologi secara subjektif tampak seolah-olah hanya ada dua, yaitu geobotani sosiologi dan geobotani ekologi. Ini membawa kita kepada perbedaan paham pertama tentang istilah ekologi itu sendiri.

Istilah ekologi diciptakan oleh seorang zoologiwan Jerman Ernst Haeckel pada tahun 1866. Ekologi mengacu kepada ilmu (*logos*) yang berkaitan dengan rumah (*oikos*) atau rumah tangga atau organisme. Di Amerika, ekologi mencakup studi tentang kelompok organisme (komunitas) dan organisme secara individual atau populasi organisme dalam hubungannya dengan lingkungan. Jadi, ekologi meliputi pertelaan dan pemetaan komunitas tumbuhan, pengukuran produktivitas sebuah padang rumput setahun, dan eksperimen tentang efek suhu terhadap pertumbuhan dan reproduksi suatu jenis. Dalam pengertian Eropa daratan, ekologi tumbuhan mempunyai arti yang lebih sempit, yang dalam hal ini ekuivalen dengan geobotani ekologi dan karenanya tidak termasuk pemetaan vegetasi.

Perbedaan kedua adalah tentang istilah autekologi dan sinekologi (Schröter & Kirchner 1896; 1902). Menurut pengertian Anglo-Amerika istilah sinekologi ekuivalen dengan geobotani sosiologi, sementara menurut pengertian Eropa sinekologi mencakup juga proses komunitas dan ekologi habitat. Autekologi mempunyai arti sama di Eropa dan Anglo-Amerika. Autekologi mengacu kepada studi ekologi tentang organisme secara individual yang berlawanan dengan studi komunitas. Populasi berada antara tingkat individu dan komunitas, dan Schwerdtfeger (1963) membedakan studi ekologi populasi sebagai *demekologi* (dari bahasa Yunani *demos* yang berarti penduduk; lihat juga peristilahan *deme-* yang digalakkan oleh Gilmour & Heslop-Harrison, 1954, untuk digunakan dalam studi populasi). Dalam pengertian Anglo-Amerika, bidang ini dikenal sebagai ekologi populasi (terutama di antara para zoologiwan); atau sebagai bagian autekologi bila studi menyangkut peri kehidupan dan ekologi fisiologi sebuah jenis atau ekotipe; atau sebagai genekologi bila objek penelitiannya adalah variasi genetika jenis atau populasi lain.

Daubenmire (1962) bahkan menggunakan istilah autekologi lebih umum lagi sebagai studi tentang faktor-faktor lingkungan dalam kaitannya dengan

## Umum

tumbuhan, tetapi di Eropa studi tentang faktor lingkungan merupakan bagian baik autekologi maupun sinekologi (Braun-Blanquet 1965, Walter 1971).

**Tabel 1.1** Bidang spesialisasi dalam Geobotani; sinonim dan padanan Anglo-Amerika. Definisi yang lebih spesifik ditampilkan dalam teks

BIDANG SPESIALISASI (DAN SINONIM DALAM ISTILAH EROPA)	MATERI SUBJEK	EKUIVALEN ANGLO- AMERIKA (DAN SINONIM)
<b>Geobotani floristik</b>	Studi tentang sebaran geografi takson tumbuhan dan hubungan evolusinya	Geografi tumbuhan (fitogeografi)
<b>Geobotani sosiologi*</b> (ilmu vegetasi, sosiologi tumbuhan, fitososiologi, fitosenologi)	Studi tentang komposisi, perkembangan, sebaran geografi, dan hubungan lingkungan komunitas tumbuhan	Sinekologi (ekologi komunitas, sebagian ekologi tumbuhan)
<b>Geobotani ekologi</b> (ekologi tumbuhan) Autekologi (ekofisiologi)	Studi tentang fungsi fisiologi organisme secara individual dalam lingkungan lapangan dan komunitas; studi tentang peri kehidupan dari jenis atau ekotipe	Autekologi (ekologi fisiologi, sebagian ekologi populasi)
Demekologi (ekologi populasi)	Studi tentang struktur dan fungsi populasi. Studi tentang variasi genetika dalam populasi	Ekologi populasi Genekologi
Sinekologi (ilmu habitat; penelitian ekosistem)	Studi tentang faktor-faktor habitat dan tanggap fisiologi jenis dan kelompok jenis terhadap faktor-faktor tersebut; studi tentang fungsi komunitas, dan fungsi relung dari populasi tumbuhan dalam konteks ekosistem	Ekologi ekosistem (ekologi proses komunitas, ekologi fungsional, ekologi sistem)
<b>Geobotani histori</b>	Studi tentang asal-muasal dan perkembangan secara historis populasi dan komunitas.	Paleobotani (paleoekologi)

\*) Ekuivalen dengan istilah ekologi vegetasi, seperti yang dipakai dalam buku ini.

#### 1.4 LINGKUP BUKU INI

Lingkup buku ini terbatas pada geobotani sosiologi (Tabel 1.1) dalam pengertian Eropa. Dalam literatur Anglo-Amerika bidang ini disamakan dengan ekologi tumbuhan (Greig-Smith 1964; Kershaw 1964), dengan ekologi komunitas (Oosting 1956), atau dengan sinekologi tumbuhan (Daubenmire 1968). Karena istilah ekologi diterima secara luas dalam literatur berbahasa Inggris, tampaknya tepat sekali untuk menggunakan istilah baru ekologi vegetasi untuk buku ini. Istilah ini mengartikan kesamaan dengan ilmu vegetasi (geobotani sosiologi) dan sinekologi (dalam pengertian Amerika), karena istilah vegetasi dalam konteks tumbuhan menyatakan sinekologi dan tidak termasuk autekologi.

Ilmu vegetasi (geobotani sosiologi) menekankan sistematika vegetasi, yaitu klasifikasi komunitas yang tipikal (dalam pengertian Daubenmire 1966). Sistematika vegetasi tidak lagi merupakan akhir, tetapi penelitian lingkungan tentang komunitas tumbuhan dan interaksi sosiologi jenis tumbuhan merupakan tujuan utama. Oleh karena itu, sangatlah tepat untuk menyampaikan arti modern ilmu vegetasi dalam istilah baru, ekologi vegetasi.

Ekologi vegetasi adalah studi baik tentang struktur vegetasi maupun sistematika vegetasi. Ini meliputi penelaahan komposisi jenis dan interaksi sosiologi jenis dalam komunitas. Selanjutnya, ekologi vegetasi ini mencakup juga studi tentang variasi komunitas dalam pengertian ruang dan geografi, serta studi tentang perkembangan, perubahan, dan stabilitas komunitas dalam konteks waktu. Ekologi vegetasi menangani semua tingkat geografi komunitas tumbuhan, dari fisiognomi yang luas dalam pengertian biom (tundra, padang rumput, gurun, dsb.) sampai ke pola floristik yang lembut yang terdapat dalam suatu tempat yang luasnya kurang dari satu meter persegi. Ekologi vegetasi sangat menekankan korelasi antara lingkungan dan vegetasi serta dengan sebab-sebab pembentukan komunitas.

Kami ingin menekankan bahwa ekologi vegetasi, seperti yang diliput dalam buku ini, hanya satu bagian studi tentang komunitas tumbuhan. Seperti terlihat dalam Tabel 1.1, bagian yang dipertelakan oleh Walter (1960) sebagai ilmu habitat (*standortslehre*) atau oleh Odum (1959) sebagai ekologi fungsional tidak akan dimasukkan dalam buku ini. Kami juga tidak akan membahas material autekologi yang telah sangat banyak, dan kami menyarankan kepada pembaca untuk membaca tulisan Walter (1960), Odum (1959), dan Daubenmire (1962).



## 2

# LATAR BELAKANG DAN KECENDERUNGAN DALAM EKOLOGI VEGETASI SAAT INI

### 2.1 ORIENTASI GEOGRAFI-DESKRIPTIF

Ilmu vegetasi sudah mempunyai tradisi selama hampir tiga abad. Karya-karya terdahulu terutama mengenai pertelaan lanskap yang tidak umum dan vegetasinya. Misalnya, para peneliti alam (*naturalist*) Eropa memberi banyak perhatian terhadap perubahan-perubahan pola yang bertahap dari hutan hingga ke vegetasi dekat lapangan salju permanen di Pegunungan Alpen dan pada vegetasi yang berwarna-warni dalam lahan yang luas. Karakter lanskap juga sangat kuat dipengaruhi oleh tipe-tipe vegetasi yang menonjol, seperti hutan hujan tropik, savana, prairi, gurun kaktus, dan lain-lain. Karakter lanskap juga dipengaruhi oleh perbedaan nyata bentuk-hidup seperti diperlihatkan oleh perbedaan antara hutan **meranggas** (*deciduous*) dan hutan **malar hijau** (*evergreen*), atau antara tegakan hutan dengan tajuk pohon yang lebar dan hutan dengan tajuk pohon yang sempit, atau juga antara komunitas tumbuhan berdaun kecil dan berdaun lebar. Karena sifat-sifat yang nyata, vegetasi seperti mendapat banyak perhatian para peneliti alam dan ilmuwan geografi. Meskipun demikian, pertelaan sistematika pola vegetasi yang berulang dimulai oleh Von Humboldt (1806), yang mengklasifikasikan bentuk pertumbuhan berulang menjadi tipe. Ia menggunakan istilah “asosiasi”, yang sekarang digunakan bagi tumbuhan yang tumbuh dalam komunitas (1805). Tetapi, peneliti alam Denmark Schouw (1832) harus diberi kredit atas karya pertama yang menyajikan pertelaan sistematika sejumlah besar komunitas secara jelas dan pasti. Sistem klasifikasi vegetasi Von Humboldt berdasarkan pertumbuhan atau bentuk-hidup kemudian diperluas terutama oleh Grisebach (1872), yang memertelakan vegetasi dunia dalam kategori yang terkait iklim makro.

## Umum

Pada abad ke-20 berbagai usaha diarahkan ke penyederhanaan pertelaan vegetasi guna meningkatkan ketelitian dan mencari sebuah landasan baku untuk evaluasi kuantitatif. Berbagai metode analisis vegetasi dikembangkan, yang memungkinkan penyajian data yang lebih terperinci melalui pengodean dan tabulasi. Pada saat yang sama metode-metode ini dibuat dalam bentuk yang mudah dipahami dan dibandingkan dengan studi di tempat lain. Khusus metode Raunkiaer (1913; 1918), Clements (1905; 1916), Du Rietz (1921; 1930), Braun (1915), dan Braun-Blanquet (1928) telah diterima dengan baik. Metode-metode tersebut menyederhanakan komunikasi ilmiah antarpakar, yang karena pertelaan yang terbatas sering kali mempunyai efek tidak mendukung kepada orang yang mempunyai perhatian terhadap vegetasi tetapi meninjaunya dari sisi lain.

Para pionir ilmu vegetasi tidak membatasi usaha-usahnya hanya pada pertelaan dan analisis lapangan komunitas tumbuhan. Variasi yang banyak sekali tentang bentuk-bentuk tumbuhan dan kombinasinya memerlukan sistem yang jelas untuk menyajikan dan membahas komunitas tumbuhan dalam kaitan sebab-akibat dan fungsi serta untuk memperjelas hubungan sangat beragam sesuai dengan perjalanan waktu. Konsep-konsep deskriptif yang penting dewasa ini akan dibahas secara terperinci pada Bagian III dan IV.

Pertelaan secara umum tentang vegetasi dan komunitas tumbuhan melalui bentuk-hidup tumbuhan dan jenis yang dominan sama sekali bukan sesuatu dari masa lalu. Sebenarnya cara ini sangat diperlukan bagi berbagai kawasan dunia yang belum dipertelakan. Ini jelas sekali dalam Program Biologi Internasional (*International Biological Program-IBP*). Pedoman mutakhir diberikan dalam *IBP Handbook Number 4* oleh Peterken (1967), termasuk rancangan pertelaan untuk maksud umum yang dibuat Fosberg (1961) dan dalam draf diskusi UNESCO tahun 1964 yang ditulis oleh Ellenberg & Mueller-Dombois (1967a) untuk sebuah inventarisasi satuan vegetasi secara fisiognomi-ekologi di permukaan bumi ini.

Pertelaan kualitatif dan ekstensif tidak secara otomatis lebih buruk ketimbang pertelaan kuantitatif dan intensif. Tolok-ukur untuk nilai sebuah pertelaan adalah kecukupan dalam kaitan dengan objektif, bukan semata-mata ketelitian. Misalnya, suatu pertelaan kuantitatif yang sangat terinci mungkin tidak memenuhi objektif orientasi umum. Meskipun demikian, pertelaan kualitatif, walau masih sangat penting, tidak lagi dilakukan sebagai usaha akhir, tetapi sebagai permulaan untuk berbagai segi yang lebih banyak pada masa yang akan datang.

## 2.2 ORIENTASI SISTEMATIKA-TIPOLOGI

Klasifikasi komunitas tumbuhan mendapat perhatian khusus dari Braun-Blanquet, yang menggabungkan karya-karya awal pendahulunya menjadi sebuah program yang meyakinkan. Sistem fitososiologinya (1928;1932) telah diterima luas di seluruh dunia dan telah memengaruhi perkembangan ilmu vegetasi Eropa selama beberapa dasawarsa. Hierarki unit-unit sistematika dengan sengaja disusun seperti sistem taksonomi tumbuhan Linnaeus. Oleh karena itu, sistem ini adalah sistem artifisial atau buatan yang dirancang hampir secara khusus dengan kriteria floristik. Kriteria ini berkaitan dengan **jenis penciri** (*character species*) atau **jenis pembeda** (*differential species*), yaitu jenis dengan amplitudo ekologi terbatas yang sekaligus menunjukkan derajat kehadiran yang tinggi dalam suatu daerah penelitian.

Sistem ini tidak diterima oleh semua ilmuwan vegetasi, terutama ekologiwan Amerika dan Inggris, seperti Clements, Tansley, dan rekan-rekannya. Mereka juga menggunakan terutama kriteria floristik, tetapi mengklasifikasikan berbagai komunitas menjadi tipe-tipe komunitas berdasarkan jenis (yang) dominan atau kelompok jenis dominan (Whittaker 1962). Jenis dominan biasanya mempunyai amplitudo ekologi yang lebih lebar. Oleh karena itu, ukuran komunitas lebih besar dan mempunyai lingkungan yang heterogen. Penerapan dua kriteria floristik yang berbeda ini tidak menghalangi untuk membandingkan komunitas-komunitas yang dibuat para ilmuwan Anglo-Amerika dan Eropa.

Sebagian besar para pengikut Braun-Blanquet memberikan penekanan utama kepada sistem hierarki vegetasi. Ini memberi kesan bahwa disiplin ilmu vegetasi ini berakhir pada pembuatan, penamaan, dan penerapan kategori kelas-kelas yang terintegrasi tersebut. Persepsi seperti ini tidak sejalan dengan maksud semula Braun-Blanquet. Dalam edisi pertama bukunya yang terkenal, ia memberikan lebih dari setengah tulisannya kepada ekologi dalam arti yang sebenarnya, yaitu hubungan fungsional dan sebab-akibat.

## 2.3 ORIENTASI LINGKUNGAN

Hubungan antara komunitas tumbuhan dan habitatnya ditekankan oleh banyak ilmuwan, seperti Unger (1836), Sendtner (1854), Drude (1896), Warming (1909), Schimper (1898), Schröter (1904), dan banyak lagi. Beberapa di antaranya, khususnya Warming & Drude (1913), membuat hubungan dengan lingkungan sebagai landasan dalam studi vegetasi mereka. Mereka juga mengembangkan sistem klasifikasi vegetasi berdasarkan lingkungan. Ilmu vegetasi menjadi cabang



ekologi yang penting pada permulaan abad ini. Pengertian ini telah membawa definisi ekologi kepada ekologi seperti yang dikenal dan diinterpretasikan di negara-negara berbahasa Inggris.

Dewasa ini kecenderungan tampak mengarah ke studi hubungan lingkungan. Penggunaan kriteria lingkungan untuk mencirikan komunitas tumbuhan banyak dilakukan dan berbagai upaya dilakukan menuju kepada sintesis floristik dan ekologi vegetasi (Krajina 1969; Daubenmire 1968). Penekanan khusus diberikan kepada penelaahan ekologi terperinci berbagai **komunitas tunggal** (*single communities*) (Odum 1959; Ovington 1962). Sejalan dengan ini, dalam dasawarsa terakhir ini telah terjadi perubahan dalam metodologi. Para ilmuwan terdahulu terutama bekerja secara deduktif dan mengambil kesimpulan ekologi dan bahkan fisiologi dari pengamatan komparatif di lapangan tanpa ada usaha untuk mendukungnya melalui eksperimen. Bertolak belakang dengan ini, peneliti modern bekerja secara induktif dan menggunakan eksperimen untuk meningkatkan ketelitian dalam kesimpulannya.

## 2.4 ORIENTASI EKSPERIMENTAL

Penelitian tentang hubungan sebab-akibat dalam komunitas tumbuhan belum dilaksanakan secara tuntas dengan penelaahan kondisi lingkungan di berbagai tempat berbeda. Misalnya, kompetisi antara tumbuhan berperan penting dalam mengondisikan pola pengelompokan. Meskipun demikian, pengaruh kompetisi hanya dapat diperjelas melalui eksperimen, di mana interaksi tumbuhan penting dalam komunitas diteliti dalam kondisi yang dikontrol. Eksperimen seperti itu dilakukan oleh Clements, Weaver & Hanson (1929), dan kemudian oleh Klapp (1951) dan ekologiwan padang rumput. Ellenberg (1953; 1954), Knapp (1954), Mueller-Dombois & Sims (1966), antara lain, menggunakan eksperimen kompetisi antarjenis untuk menjelaskan hubungan sebab-akibat dalam studi vegetasi. Ringkasan hasil tersebut disajikan oleh Ellenberg (1963). Penelitian eksperimental mengenai adaptasi genetika dari jenis terhadap komunitas dan ekosistem ditelaah oleh Mc Millan (1960, 1969).

## 2.5 ORIENTASI DINAMIKA

Penelitian eksperimental dengan komunitas yang disederhanakan dapat menuju ke studi dasar yang lebih pasti dalam dinamika vegetasi. Subjek ini mendapat perhatian besar ekologiwan Amerika Utara, seperti Cowles (1899), Cooper (1913), dan Clements (1916). Urutan kronologi dalam vegetasi tampak lebih

mudah terlihat dalam komunitas tumbuhan yang tersebar terus-menerus dan kurang terpengaruh manusia di Amerika Utara daripada dalam segmen vegetasi yang telah banyak dimodifikasi dan terfragmentasi di Dunia Lama (*Old World*). Clements (1916) membuat sistem klasifikasi berdasarkan hubungan suksesi, yaitu berdasarkan perubahan menurut waktu yang dideduksi dari kesamaan ruang dan perbedaan jenis dominan dan lingkungan komunitasnya. Posisi kuncinya adalah komunitas klimaks iklim dan semua komunitas terhubungkan menurut urutan kronologi kepada komunitas klimaks iklim ini. Pendekatan ini diterima oleh banyak ekologiwan dan diterapkan dalam bentuk yang sama atau dimodifikasi, misalnya oleh Tansley (1920; 1939) dalam pertelaan tentang vegetasi Kepulauan Inggris, dan juga oleh Braun-Blanquet dan mahasiswanya, oleh Ludi (1930), dan lain-lain.

Whittaker (1951; 1953; 1957) mengkritik keras skema Clements tentang klasifikasi filogenetika yang teratur berdasarkan suksesi, dan tidak menekankan lingkungan sebagai alat bantu untuk mengenal kecenderungan suksesi. Tetapi, Whittaker dengan tegas menekankan kembali pandangan dinamika vegetasi dan melihat laju dan macam yang berbeda dari perubahan populasi secara temporal sebagai satu-satunya cara untuk mencari keteraturan dalam studi suksesi.

Pandangan dinamika selalu dipertahankan dalam ekologi Amerika Utara, meskipun dalam berbagai bentuk modifikasi. Salah satunya telah menelurkan konsep kontinum di Amerika Utara bagian Timur, yang memandang vegetasi sebagai suatu gejala yang berubah secara terus-menerus dalam ruang dan waktu (Gleason 1926; Curtis 1959). Bentuk lain yang diwakili oleh Daubenmire (1952; 1968) menekankan dinamika melalui suksesi sekunder. Penekanan ini terkait dengan pentingnya kebakaran di kawasan barat Amerika Utara. Daubenmire membuat tipe komunitas hanya dari tegakan yang tidak terganggu, sementara vegetasi yang termodifikasi dilacak melalui kesamaan habitat sebagai tegakan yang terkait dengan suksesi. Tipe vegetasi yang termodifikasi atau terganggu tidak diklasifikasikan secara terpisah, akibatnya pola vegetasi tidak dievaluasi secara sama. Karena variasi temporal dalam pola vegetasi, lingkungan dimasukkan ke dalam klasifikasi komunitas. Konsep yang memperlakukan vegetasi dengan memberikan lebih banyak bobot pada suatu pola dibanding pola lain tidak hanya mempunyai keuntungan tertentu, tetapi juga beberapa kerugian, yang akan diterangkan dalam Bab III dan IV.

## 2.6 ORIENTASI MATEMATIKA-STATISTIKA

Masalah untuk membuat pendekatan objektif bagi pengenalan dan penentuan komunitas tumbuhan telah menjadi keprihatinan para peneliti, terutama di daerah-daerah tempat komunitas yang mudah dikenal jarang atau tidak ada, atau terdapat hanya sebagai unit fisiognomi yang besar (misalnya hutan, padang rumput). Curtis di Wisconsin (Curtis & McIntosh 1950; 1951; Curtis 1955; 1959), Cottam (1949), Whittaker (1951; 1953; 1954; 1970; 1972), Goodall (1953a; 1953b; 1954a), dan yang lain, terkesan oleh ketidakhadiran batas nyata antara komunitas. Berbagai komunitas tumbuhan dikaji dengan pencuplikan sistematis atau acak populasi tumbuhan sepanjang gradasi sebaran terpilih. Ketika populasi yang dikaji disusun kembali menjadi komunitas ditemukan bahwa tidak ada dua populasi yang mempunyai sebaran yang persis paralel sehingga komunitas menjadi sangat sukar untuk ditentukan dengan landasan matematika yang tepat. Alih-alih, kajian ini menekankan bahwa kontinuitas sebaran bukan hanya berlaku untuk populasi, melainkan juga untuk komunitas.

Sebuah orientasi matematika-statistika lain berkembang di Inggris, terutama oleh Greig-Smith (1964) Kershaw (1964) dan lainnya, khususnya mendalami penelitian kuantitatif pola-pola vegetasi kecil. Komunitas lebih besar yang mudah dikenal boleh dikatakan diterima sebagai komunitas yang menyajikan satuan objektif untuk dikaji secara terperinci. Pertanyaan yang menarik perhatian besar termasuk analisis matematika asosiasi positif dan negatif antara jenis dan pendeteksian variasi yang menyimpang dari keacakan (*randomness*) dan kelompok tumbuhan dengan luasan kecil (lihat Pielou 1969).

Kedua orientasi, kelompok Amerika Utara, yang bekerja dengan segmen vegetasi yang luas, dan kelompok Inggris yang berkecimpung dengan vegetasi sempit, memandang ordinasinya komunitas berdasarkan kesamaan suatu alternatif yang efektif dari klasifikasi. Ini didasarkan pada pengamatan universal bahwa tidak ada dua komunitas yang persis sama. Fakta ini ditekankan dengan tegas oleh Gleason (1926; 1939) dalam pendapatnya tentang konsep individualistik komunitas tumbuhan. Minat terhadap klasifikasi dihidupkan kembali melalui pengembangan metode analisis matematika baru (lihat Bab 10). Penelaahan ringkas mengenai bidang ini secara keseluruhan dibuat oleh Goodall (1970).

## 2.7 ORIENTASI GEOGRAFI-KAWASAN DAN SEJARAH

Studi tentang ekologi dan dinamika vegetasi mempunyai arti hanya dalam hubungan dengan kawasan geografi terbatas yang jelas. Hasilnya hanya berlaku

untuk kawasan yang sama. Jika vegetasi diteliti di kawasan geografi yang luas di permukaan bumi, selain variasi lingkungan dan suksesi antara komunitas tumbuhan, dikenal juga variasi lain yang sebab-sebabnya terletak pada perkembangan sejarah flora, terutama dalam kisaran sebaran regional jenis yang tidak bertumpang-tindih. Ini merupakan objek studi geobotani floristik dan sejarah seperti diringkaskan, misalnya, oleh Walter & Straka (1970). Analisis floristik-sejarah sebaran tumbuhan penting untuk pemahaman variasi dalam vegetasi.

Suatu upaya yang menarik dibuat Schmid (1954; 1963) yang menggabungkan segi taksonomi-fitogeografi dengan aspek-aspek analisis vegetasi dalam klasifikasi lanskap. Ia memperagakan sistemnya dengan Eropa sebagai contoh, khususnya Swiss. Ia membedakan delapan **sabuk vegetasi** (*vegetation belt*, *Vegetationsgurtel*), yang sebagian besar sejalan dengan sabuk vegetasi menurut elevasi di pegunungan. Sabuk vegetasi Schmid tidak dikenal dengan tipe-tipe vegetasi tertentu, tetapi dengan kriteria floristik. Sebagai kriteria floristik, ia menggunakan semua jenis tumbuhan yang pusat sebarannya terletak di dalam sebuah sabuk vegetasi khusus. Rincian lebih lanjut dapat dilihat dalam Bab 14.8.

Prinsip pengaturan ini memerlukan banyak keputusan subjektif dan sukar untuk membuat pembagian lebih halus dari sabuk yang agak luas. Meskipun definisi geografinya luas, metode ini memerlukan pengetahuan floristik yang terinci. Dengan alasan ini, metode Schmid hanya dapat diterapkan di kawasan terbatas di Eropa dan sama sekali tidak dapat diterapkan di bagian lain di dunia. Peta vegetasi Swiss yang dibuat Schmid menyajikan tinjauan yang bagus.

## 2.8 ORIENTASI KARTOGRAFI

Bersamaan dengan informasi yang meningkat tentang komunitas tumbuhan, keinginan untuk penyajian secara geografi bertambah pula. Pemetaan vegetasi berkembang dari sudut pandang berbeda. Dorongan terbesar datang dari bidang terapan, seperti kehutanan, pertanian, dan pengelolaan daerah aliran sungai.

Apresiasi terhadap manfaat besar peta vegetasi makin meningkat hampir di seluruh penjuru dunia, dan sebagai akibatnya pembuatan peta vegetasi kian meluas. Bibliografi internasional mengenai peta vegetasi telah dihimpun oleh Kuchler & McCormick 1965; dan Kuchler 1966; 1068; 1970). Kuchler (1967) juga telah menulis pedoman yang andal tentang pemetaan vegetasi.

## 2.9 ORIENTASI TERAPAN

Pembahasan tentang berbagai penerapan praktis studi vegetasi adalah di luar jangkauan uraian metodologi dalam buku ini. Ekologi vegetasi mempunyai tradisi untuk menjembatani kesenjangan antara pendekatan riset dasar dan riset terapan. Riset tentang perilaku organisme tumbuhan dalam lingkungannya di lapangan merupakan hubungan alami dengan ilmu terapan kehutanan, pertanian, dan pengelolaan hidupan liar. Akan tetapi, kesadaran tentang saling ketergantungan yang sering kompleks antara organisme dengan sesamanya dan dengan lingkungannya, serta pemahaman bahwa kemampuan biota dan komunitas bereaksi terhadap modifikasi teknologi itu terbatas, telah membawa kita untuk memandang ekologi vegetasi sebagai sumber untuk mencari penyelesaian berbagai masalah.

## 2.10 ORIENTASI EKOSISTEM: SEBUAH SINTESIS BERBAGAI KONSEP

Tidak dapat ditekankan terlalu jauh bahwa pendekatan ekologi vegetasi yang rinci berisi semua orientasi yang disebut sampai saat ini. Landasan untuk sintesis seperti itu dibuat melalui konsep ekosistem. Hal ini terdokumentasikan dengan baik dalam *Symposium on Forest Ecosystems held at the Ninth International Botanical Congress in Montreal in 1959* yang diterbitkan dalam *Silva Fennica* (1960). Sejarah perkembangan konsep ekosistem telah ditelaah oleh Major (1969). Salah satu dari butir-butir utama adalah bahwa konsep ini selalu menjadi bagian manusia dengan berbagai budaya yang berbeda. Major menyimak beberapa istilah lanskap dari berbagai bahasa, seperti *tundra*, *taiga*, *paramo*, dan *chaparral*, yang menunjukkan berbagai macam ekosistem khusus yang terkait dengan lokasi, faktor habitat, dan bentuk-hidup organisme.

Istilah **sistem ekologi** diperkenalkan untuk habitat akuatik dengan biota dan proses-proses yang khusus oleh Woltereck (1928). Tansley (1935) mengenalkan istilah **ekosistem** dalam pengertian yang sama bagi komunitas terestrial dengan habitatnya. Ia menyatakan pandangannya bahwa organisme tidak dapat dianggap terpisah dari lingkungan, khususnya di dalam perlakuan dasar apa pun, karena di alam, baik organisme maupun lingkungan, membentuk sebuah sistem fungsional, yaitu sebuah ekosistem.

Seperti ditunjukkan sebelumnya, pendapat ini telah menjadi landasan penting dalam awal-awal studi vegetasi. Namun demikian, penting dan potensi

konsep ini baru disadari secara penuh dalam ekologi sejak sekitar Perang Dunia Kedua.

Konsep serupa telah diperkenalkan oleh seorang ekologiwan Rusia, Sukachev (1945; Sukachev & Dylis 1964), yang menganggap sebuah **fitosenosis** (*phytocoenosis*) atau komunitas tumbuhan bersama-sama dengan lingkungannya sebagai sebuah **biogeosenosis** (*biogeocoenosis*). Bertentangan dengan konsep ekosistem, batas konsep biogeosenosis ditentukan oleh fitosenosis. Dari sudut pandang sistematika vegetasi, konsep biogeosenosis memberikan jalan untuk menentukan satuan khusus yang terkait dengan sinekologi tumbuhan. Sementara itu, konsep ekosistem menyarankan studi difokuskan hanya pada aspek-aspek penting dari penelitian sinekologi dan definisi penentuan batas khusus diserahkan kepada penelitian lain.

Dalam pengertian ini, ekosistem dapat didefinisikan dengan berbagai cara. Satu-satunya persyaratan adalah komponen-komponen utama, yaitu organisme dan lingkungannya, hadir dan keduanya beroperasi bersama-sama dalam suatu stabilitas fungsional (Odum 1959). Mari kita lihat sekarang ekosistem dari definisi struktur umum dan dari segi fungsi dan tipologi.

### 2.10.1 SEGI STRUKTURAL

Dalam sebuah ekosistem hutan yang tipikal, kita dapat menggunakan komponen lapisan atau strata sebagai definisi umum struktur. Lapisan ini terdiri atas lapisan pohon, lapisan perdu, lapisan terna, dan sering juga lapisan lumut dan lumut kerak. Lapisan lumut dan lumut kerak mungkin membentuk lapisan tanah, meskipun lumut dan lumut kerak biasa juga berupa epifit dan mereka sering diasosiasikan dengan substrat mikro yang khusus dalam suatu habitat, seperti batu-batu yang menonjol atau batang kayu yang membusuk. Di bawah vegetasi terdapat lapisan serasah dan humus. Dalam tanah biasanya dapat dibedakan tiga lapisan utama tanah (A, B, C) ditambah lapisan perakaran dan substrat geologi. Komponen penting lain adalah fauna dan flora mikro dalam tanah, serasah dan humus serta yang terdapat pada dedaunan, ranting-ranting, dan pepagan. Selain itu terdapat juga hewan besar yang hidup di dalam hutan atau mengunjungi ekosistem hutan secara berkala. Kompleks iklim yang merangkum habitat terdiri atas iklim makro regional, iklim topografi lokal, dan berbagai iklim mikro dalam ekosistem itu sendiri. Komposisi struktur, kegiatan fungsional, dan interaksi komponen-komponen berbeda tersebut dapat ditelaah.

Sebagian besar komponen individual ekosistem memunculkan disiplin khusus. Komponen vegetasi mendapat perhatian khusus dari seorang ekologiwan vegetasi, tetapi ia juga sama pedulinya terhadap segi-segi lingkungan yang memengaruhi perilaku vegetasi. Meskipun demikian, komponen iklim adalah bidang studi khusus pakar iklim, substrat geologi merupakan bidang khusus pakar geologi, bentuk lahan dan fisiografi adalah bidang khusus pakar geomorfologi, tanah jadi bidang pakar tanah, organisme tanah ditangani oleh pakar mikrobiologi tanah, dan populasi hewan merupakan bidang studi pakar ekologi hewan. Bahkan, dalam komponen vegetasi itu sendiri, berbagai bentuk-hidup tumbuhan ditangani berbagai pakar khusus; pohon oleh rimbawan, lumut oleh pakar briologi, ganggang oleh pakar fikologi, dan jamur oleh pakar mikologi. Spesialisasi serupa berlaku juga dalam komponen lingkungan. Daftar ini dapat diperluas dan beraneka, terutama dalam studi metabolisme ekosistem. Dalam hal ini, konsep eksosistem menyajikan landasan teori yang meyakinkan menghimpun para pakar bersama-sama untuk studi masalah-masalah kompleks yang memerlukan pekerjaan tim. Selanjutnya, ini menggalakkan sintesis hasil-hasil penemuan yang terkait dengan komponen terpisah, yang bila ditinjau sendiri-sendiri bermakna hanya untuk aspek-aspek secara terpisah dari ekosistem yang sama.

### 2.10.2 SEGI FUNGSIONAL

Dari sudut pandang fungsional kuantitatif, Ovington (1962) mencatat 14 parameter yang patut dianalisis dalam ekosistem hutan. Parameter masukan adalah energi surya, hujan, debu, pelapukan batuan, dan tanah. Parameter luaran yaitu balok kayu dsb., migrasi hewan, dan drainase keluar. Di dalam parameter-parameter ini adalah pemanfaatan energi surya oleh tumbuhan hijau, pembersihan dari tumbuhan, **jatuhan serasah** (*litterfall*), penimbunan sisa-sisa tumbuhan dan hewan, perombak serasah, dan penghancuran akar dalam tanah.

Analisis masalah menurut Ovington memunculkan sebuah butir penting, yaitu sebuah ekosistem bukan suatu sistem tertutup tetapi sistem terbuka, yang menerima masukan, melepaskan, dan menunjukkan kegiatan dalam suatu perangkat khusus. Keterbukaan ini telah dimanfaatkan sebagai kritik tentang konsep ini. Meskipun demikian, hal yang sama berlaku juga untuk suatu organisme yang memberi respons sebagai suatu kesatuan, dan hanya sedikit orang yang meragukan bahwa suatu organisme memiliki jati diri tertentu dan tersendiri

## Latar Belakang dan Kecenderungan dalam Ekologi Vegetasi saat ini

Kurang spesifik, tetapi cukup memberi penjelasan adalah fokus Odum (1959) kepada bagian-bagian ekosistem. Ia mengenal dua komponen organik, yaitu komponen autotrof dan heterotrof. Ini diklasifikasikan menjadi produsen (tumbuhan hijau), konsumen (terutama hewan), dan pengurai (terutama mikroorganisme saprofit). Ekosistem menjadi lengkap dengan memasukkan komponen abiotik, yang mengandung bahan-bahan organik dan anorganik dasar.

Pandangan yang berorientasi proses ini dirancang untuk menekankan kesamaan fungsional dalam ekosistem berbeda. Ini sangat penting dalam formulasi prinsip-prinsip kegiatan yang lebih umum. Meskipun demikian, penting juga untuk mengenal keanekaragaman ekosistem. Semakin spesifik studi tentang proses-proses dan interaksi, pembatasan kisaran untuk mengekstrapolasi hasil-hasilnya di alam akan semakin penting. Oleh karena itu, ukuran dan macam ekosistem membuat masalah tipologi patut diperhatikan.

### **2.10.3 UKURAN DAN MACAM**

Seperti dikemukakan oleh Evans (1956), hendaknya tidak ada pembatasan dalam ukuran dan macam. Kita dapat mengenal berbagai unit sebagai ekosistem unit-unit kecil, seperti filosfer mikroorganisme pada sel-sel tumbuhan sampai ke unit paling besar, yaitu ekosfer atau bumi. Kita pun dapat mengenal berbagai macam ekosistem, seperti suatu hutan, sebuah danau, sebuah pulau, atau sebuah ekosistem kota. Dalam ekologi vegetasi, sebuah ekosistem dapat dibatasi oleh sebuah komunitas tumbuhan, seperti dalam konsep biogeosenosis atau oleh beberapa komunitas yang saling terkait. Misalnya, kita dapat berbicara tentang ekosistem delta, yang secara tipikal meliputi beberapa habitat dan komunitas, yang secara fungsional saling terkait erat melalui sistem sungai (Fosberg 1965a).

Dari sini tampak bahwa konsep ekosistem tidak dapat menggantikan konsep vegetasi dan komunitas tumbuhan yang telah mantap. Ini diperlukan untuk menentukan ekosistem tertentu dalam ruang (misalnya secara geografi) dan waktu. Tetapi, konsep ekosistem menekankan untuk memberikan perhatian sama kepada komponen utama ekosistem dalam penelitian lapangan.

### **2.10.4 KLASIFIKASI EKOSISTEM**

Tiga pendekatan klasifikasi ekosistem dapat dibedakan, yaitu pendekatan gabungan, pendekatan independen, dan pendekatan fungsional.



## Umum

Pendekatan gabungan ditujukan kepada sintesis vegetasi dan lingkungan sejak permulaan. Pendekatan ini diwakili oleh karya-karya dan konsep-konsep Sukachev (1928; 1945), Sukachev & Dylis (1964), serta Daubenmire (1952; 1968). Krajinina dan mahasiswanya (1969), Hills (1960; 1961), Marr (1967), Schlenker (1951), Kopp & Hurtig (1965), Eberhardt, Kopp, & Passarge (1967), dan lain-lain. Bergantung kepada penekanannya, batas-batas ekosistem dapat ditentukan oleh batas komunitas tumbuhan (Sukachev), oleh batas-batas tanah atau bentuk lahan (Hills), atau oleh kombinasi karakteristik vegetasi dan lingkungan. Yang terakhir ini dianggap yang paling tidak artifisial dan benar-benar sejalan dengan konsep ekosistem (Rowe *et al.* 1961).

Dalam pendekatan independen, masing-masing komponen ekosistem dianggap secara sendiri-sendiri dan terpisah dan dievaluasi secara independen. Selanjutnya komponen-komponen ini digabungkan dalam peta dan profil (Fosberg 1961; Mueller-Dombois 1966).

Pendekatan pertama bermanfaat dalam studi evaluasi hutan dan **tapak** (*site*), khususnya untuk penelitian ekologi dasar guna menunjang tujuan terapan, di mana komponen ekosistem dapat digunakan sebagai indikator **faktor tapak** (*site factor*) yang tersembunyi. Misalnya, pendekatan ini dapat digunakan untuk menentukan berbagai faktor, seperti kelembapan tanah dan nutrisi, yang sangat penting untuk pertumbuhan dan peningkatan produktivitas pohon (Mueller-Dombois 1964; 1965a). Dalam hal ini, korelasi komunitas tumbuhan dan lingkungan diintegrasikan ke dalam unit-unit yang telah mantap dan komponen-komponennya tidak dapat dievaluasi secara independen. Pendekatan kedua memungkinkan untuk korelasi objektif dari berbagai komponen ekosistem karena variasi-variasinya telah dibuat secara independen, yaitu dari kriteria yang terdapat di dalam masing-masing komponen. Pendekatan ini bermanfaat untuk studi dasar vegetasi yang dimulai dari segi-segi yang luas dan umum, kemudian dilebarkan ke hal yang lebih spesifik dengan cara proses *successive approximation* (menurut Poore 1962).

Baru-baru ini, Ellenberg (1973) mengusulkan sebuah klasifikasi ekosistem di bumi, dan kategori-kategorinya didasarkan kepada hubungan dan perbedaan fungsional. Klasifikasi ini akan dijelaskan lebih terinci dalam Bab 8.8.2.

# 3

## HIPOTESIS KOMUNITAS TUMBUHAN

Sebelum membahas metode analisis vegetasi, sangatlah penting untuk memerhatikan pandangan teori tentang sifat-sifat komunitas tumbuhan. Dianggap penting karena pandangan teori memengaruhi tujuan dasar dalam ilmu vegetasi, dan pada gilirannya mempunyai dampak kuat terhadap metode yang diterapkan dalam penelitian lapangan.

### 3.1 ANALOGI ORGANISME DAN KONSEKUENSINYA

#### 3.1.1 PANDANGAN HOLISTIK

Untuk memandang komunitas tumbuhan sebagai unit atau **seutuhan** (*entity*), telah diusulkan untuk membuat analogi tertentu dengan organisme. Clements (1916; 1928) membandingkan perkembangan suksesi sebuah komunitas dari tahap pionir hingga ke tahap klimaks yang relatif stabil, misalnya dari vegetasi akuatik ke hutan rawa, dengan sejarah kehidupan sebuah organisme. Ia berpendapat bahwa komunitas, seperti suatu organisme, dilahirkan, tumbuh, matang, berkembang biak, dan mati, dan bahwa tahap-tahap perkembangan yang berbeda ini atau komunitas-komunitas yang terkait dengan suksesi dapat diinterpretasikan sebagai suatu **seutuhan organik** (*organic entity*). Ia percaya bahwa aspek reproduksi dari analogi ini adalah sah. Menurut pendapatnya, setiap komunitas klimaks dapat berkembang biak sendiri setiap saat dengan mengulang tahap-tahap perkembangan dalam pola yang pada dasarnya sama.

Meskipun demikian, perbedaan-perbedaan penting tidak pernah dikemukakan. Menghilangnya suatu komunitas klimaks atau “kematian” tidak dapat dibandingkan dengan kematian alami suatu organisme yang disebabkan oleh kehilangan fungsi organ-organnya. Populasi jenis tumbuhan yang dianggap sebagai organ dalam analogi ini tidak menghilang karena kepikunan. Populasi-populasi tersebut sebagian atau seluruhnya diganti oleh populasi lain melalui

suatu peristiwa dahsyat, perubahan lingkungan yang berjalan perlahan, atau melalui pergantian kompetitif. Demikian pula dengan proses “pertumbuhan” dan “pematangan” dalam komunitas tidak terjadi dalam organ yang sama yang berkembang dari muda sampai tua, tetapi dalam pertukaran populasi. Tidak seperti organisme, komunitas tumbuhan tidak dapat berkembang biak dalam habitat dengan lingkungan berbeda atau dalam iklim yang berbeda tanpa kehilangan identitasnya. Dalam kebun fitososiologinya, Tüxen (1947) bahkan telah menunjukkan bahwa berbagai komunitas hutan dan komunitas-komunitas lain yang kompleks dapat direkonstruksi dari bagian-bagiannya dalam waktu relatif singkat. Selanjutnya, masing-masing komunitas anggota, lazimnya tidak berkaitan secara struktural seperti halnya dengan organ suatu organisme atau jaringan suatu organ.

Tansley (1920) menganggap gagasan organisme Clements’ terlalu bersifat hipotetis. Tetapi, Tansley percaya bahwa komunitas tumbuhan dapat dipertelakan sebagai seutuhan organik dengan menggunakan istilah yang lebih tepat, yaitu **organisme semu** (*quasiorganism*). Dibandingkan dengan struktur organisme yang ketat, ia mengemukakan bahwa dalam komunitas tumbuhan populasi tertentu adalah independen karena mereka dapat memantapkan diri dengan baik di dalam komunitas lain, sementara populasi lain sebaliknya sangat independen. Tetapi, ia menekankan bahwa komunitas-komunitas itu dalam banyak hal berperilaku secara menyeluruh dan karena itu harus ditelaah secara menyeluruh juga. Segi yang terakhir ini membawanya kepada konsep ekosistem (lihat Bab 2.1.0)

### 3.1.2 PANDANGAN SISTEMATIKA

Analogi organisme yang ketiga disajikan oleh Braun-Blanquet (1928; 1932) dan beberapa orang lain (misalnya, Nichols; 1917; Warming 1909), tetapi dengan alasan yang berbeda dari yang diartikan baik oleh Clements maupun Tansley. Khususnya, Braun-Blanquet berpikir tentang segi klasifikasi komunitas seperti halnya organisme diklasifikasikan menjadi kelompok taksonomi. Atas dasar ini ia membandingkan suatu komunitas tumbuhan dengan sebuah jenis. Braun-Blanquet menganggap komunitas tumbuhan sebagai unit dasar klasifikasi vegetasi seperti halnya jenis dijadikan unit dasar dalam sistem klasifikasi taksonomi organisme. Dalam analogi ini, ia lupa bahwa individu-individu organisme dalam suatu jenis merupakan anggota populasi yang secara genetika berkaitan, sedangkan individu-individu komunitas tumbuhan secara genetika tidak ada

hubungannya dengan komunitas lain yang serupa yang mungkin dikelompokkan ke dalam tipe atau kelas. Di sini hubungan hanya berdasarkan kesamaan sifat-sifat tertentu dari struktur atau komposisi. Untuk klasifikasi komunitas, wajar kalau suatu komunitas dikaitkan dengan tipe komunitas, seperti halnya telah dilakukan misalnya dalam klasifikasi tanah, yang mengaitkan suatu tanah dengan konsep kelas tertentu (seperti **jenis-jenis tanah** [*great soil group*], seri tanah atau tipe tanah) atau dalam **klasifikasi batuan** (*petrological classification*) suatu batuan dengan konsep tipe batuan tertentu (seperti granit, basal dan sebagainya).

### 3.1.3 PANDANGAN INDIVIDUALISTIK

Gleason (1926; 1939) menganggap tiga pendapat analogi dengan organisme di atas menyesatkan. Sebagai gantinya; ia mengusulkan **konsep individualistik** komunitas tumbuhan. Gleason menyatakan bahwa kehadiran komunitas tumbuhan bergantung kepada kekuatan-kekuatan selektif masing-masing lingkungan khusus dan vegetasi di sekelilingnya, sementara lingkungan terus-menerus berubah menurut ruang dan waktu. Oleh karena itu, menurut pendapatnya, tidak ada dua buah komunitas yang dapat dianggap sama atau sangat terkait erat satu dengan lainnya.

Benar bahwa setiap meter-persegi habitat dan tutupan tumbuhan menunjukkan perbedaan-perbedaan tertentu bila dibandingkan secara absolut. Tetapi, bila ditinjau secara relatif, kita akan dapat membedakan antara kesamaan serta perbedaan yang besar dan yang kecil. Prinsip kesamaan dan perbedaan relatif ini mendasari semua sistem klasifikasi biologi dan lingkungan, termasuk sistem taksonomi klasifikasi organisme. Tidak ada dua anggota suatu jenis atau populasi biologi lain yang identik secara absolut. Sukar untuk mengerti kenapa prinsip ini tidak dapat diterapkan kepada komunitas tumbuhan.

Empat konsep komunitas tumbuhan tersebut di atas telah menimbulkan konsekuensi penting dalam penelitian vegetasi.

### 3.1.4 PENEKANAN PADA HUBUNGAN DINAMIKA

Pendekatan Clements menekankan hubungan dinamika komunitas tumbuhan ditinjau dari perkembangan organik dari tahap muda hingga matang. Konsep Gleason menekankan sifat dinamika komunitas tumbuhan dalam waktu dan ruang. Tetapi, berlawanan dengan Clements, yang banyak menguraikan tahap-tahap suksesi, Gleason tidak memberikan konsep nyata dalam hal perubahan

menurut waktu. Sementara aliran waktu itu konstan, tidak selalu benar bahwa laju perubahan populasi juga sama-sama terus-menerus dalam semua komunitas (Whittaker 1953; 1957). Penting untuk membuat perbedaan antara komunitas sementara dan komunitas yang relatif stabil (Daubenmire 1952; 1966) atau antara komunitas yang berubah cepat dan yang berubah lambat, sementara laju dan arah perubahan tetap merupakan subjek untuk penelitian vegetasi.

Dengan menekankan kepada kontinuitas ruang, Gleason merujuk kepada ketiadaan batas mutlak antara komunitas yang berdampingan. Dengan pemikiran ini, ia memberi konsep dasar untuk mendalami penelitian fitososiologi yang dikembangkan oleh aliran paham Wisconsin, yang juga dikenal dengan paham **kontinum** (*continuum*). Pendekatan penelitian kontinum dimulai oleh Curtis (Curtis & McIntosh 1951; Curtis 1955). Curtis dan murid-muridnya menyumbangkan kepada ilmu vegetasi dengan memformalkan metode **analisis landaian** atau **analisis gradasi** (*gradient analysis*) dan ordinasi (Whittaker 1967). Modifikasi konsep kontinum dibuat oleh McIntosh (1967a). Ia setuju bahwa diskontinuitas vegetasi terdapat di alam, tetapi ia menekankan kembali bahwa kontinuitas selalu terdapat bila perbandingan dibuat antara dua tegakan vegetasi yang serupa. Ini merupakan suatu klarifikasi penting tentang konsep yang akan dirujuk kemudian.

### 3.1.5 PENEKANAN PADA URUTAN

Braun-Blanquet meneliti untuk mencari landasan konseptual bagi klasifikasi komunitas. Analogi jenis untuk komunitas dimaksudkan untuk sistem hierarki klasifikasi komunitas pada skala global. Penelitian ini menghasilkan suatu informasi ekologi komunitas yang melimpah. Meskipun demikian, cakupan geografi yang meluas menimbulkan frustrasi bahwa sistem klasifikasi terpadu komunitas-komunitas kecil yang didefinisikan oleh sifat floristik terbatas, yaitu **jenis penciri** tidak dapat diterapkan secara global seperti sistem klasifikasi taksonomi organisme. Jenis penciri dapat diartikan sebagai **jenis kunci** yang dapat digunakan mengidentifikasi anggota suatu tipe komunitas tertentu. Alasan untuk kekecewaan dengan konsep jenis penciri ini adalah jenis kunci dapat kehilangan nilai diagnostik bila studi komunitas diperluas di luar batas regional semula. Jenis yang sama dapat menunjukkan hubungan ekologi dan sosiologi yang berbeda bila diikuti dalam cakupan geografi yang lebih luas. Ini akan dijelaskan lebih lanjut.

### 3.2 KOMUNITAS—SEBUAH KOMBINASI BERBAGAI INDIVIDU

Seperti telah diterangkan di atas, para penulis tentang analogi organisme mempunyai pemikiran atribut khusus komunitas yang mereka pikir dapat diterangkan dengan pendekatan analogi tersebut. Disayangkan bahwa usaha untuk menjelaskan ini telah menimbulkan kekacauan yang masih belum hilang sampai sekarang. Komunitas mempunyai banyak atribut yang berbeda dengan atribut-atribut organisme. Hanya dalam situasi yang luar biasa individu-individu tumbuhan dalam suatu komunitas saling terhubungkan secara struktural. Ini berlaku bagi tegakan tertentu, misalnya *Populus tremuloides* (Zahner & Crawford 1965), *Acacia koa* (Mueller-Dombois 1967), yang batang-batangnya secara individual membentuk tunas yang timbul dari sistem perakaran bersama. Tegakan klon seperti itu jelas merupakan suatu organisme, bila tumbuhan bawahnya diabaikan. Tetapi, suatu komunitas tumbuhan terdiri atas sekelompok tumbuhan yang mempertahankan individualitasnya. Ini bukan konsep baru. Pada tahun 1980, Flahault (Flahault & Schröter 1910) mengemukakan hal tersebut dengan mengatakan bahwa asosiasi tumbuhan tidak dapat diimplikasikan sebagai keharmonisan aneka aktivitas yang mengarah ke akhir yang sama, seperti dalam setiap masyarakat yang dibangun berdasarkan pembagian pekerjaan. Ini diterapkan kepada koeksistensi berbagai bentuk, yang secara spesifik dan morfologi yang satu sama lain asing, masing-masing mempunyai objek sendiri dan keuntungan khusus sendiri. Mereka hidup berdampingan sesuai dengan kesamaan, keanekaragaman lingkungan atau ditentukan oleh organisme lain.

Penekanan kepada individualitas tumbuhan tidak menampik berbagai macam hubungan lain antara tumbuhan suatu komunitas. Walter (1964, 1971) mengklasifikasikan hal tersebut sebagai:

1. Kompetitor langsung yang bersaing untuk memperoleh sumber daya lingkungan yang sama dengan menduduki lapisan atau strata yang sama di atas dan di bawah permukaan tanah.
2. Jenis dependen (*dependent species*) yang dapat hidup dalam relungnya yang khusus karena kehadiran tumbuhan lain, misalnya lumut-lumut tertentu yang hanya dapat tumbuh di dalam iklim mikro khusus yang dihasilkan oleh tegakan pohon.
3. Jenis pelengkap yang satu sama lain tidak bersaing karena keperluannya dipenuhi dengan menduduki strata yang berbeda di atas dan di bawah permukaan tanah atau dengan memiliki ritme musiman yang berbeda.

## Umum

Perlu dicatat bahwa jenis dependen, pada umumnya, tidak bergantung kepada jenis dominan khusus atau kelompok jenis. Hal ini biasanya hanya terdapat dalam hubungan parasitik, simbiotik, dan epifitik (yang tidak terlalu nyata). Alih-alih, kebergantungan hanya terkait dengan kondisi lingkungan umum yang diciptakan oleh jenis dominan. Kondisi seperti ini mungkin diciptakan lagi oleh cara lain atau secara buatan di laboratorium. Selanjutnya tiga interdependensi ini belum tentu jelas dan bentuk-bentuk antara selalu ada. Misalnya, dua jenis mungkin saling melengkapi dalam pola perakaran dan keperluannya, tetapi dapat bersaing keras untuk memperoleh cahaya.

Penjelasan singkat tersebut sangat disederhanakan dan dibuat dengan maksud untuk memberi pengertian.

Di luar pengaruh yang saling berinteraksi, tumbuhan suatu komunitas berbagi tempat, habitat, atau lingkungan yang sama. Oleh karena itu, keterpaduan dalam komunitas tumbuhan adalah suatu gejala yang telah mantap (Poore 1964), yang menyebabkan derajat organisasi berbeda. Komunitas yang terintegrasi dengan baik dapat menunjukkan resistensi tertentu terhadap fluktuasi dalam lingkungan (*homeostasis*), dan perubahan lingkungan tertentu dapat menyebabkan respons yang dapat diprediksi dalam komunitas. Meskipun demikian, integrasi jangan dijadikan persyaratan untuk menyebut sekumpulan tumbuhan suatu komunitas, sebab derajat dan macam integrasi juga merupakan subjek penting dalam penelitian ekologi. Paling tidak, komunitas dapat dipertelakan sebagai “organisasi organisme menurut ruang dan waktu” dengan berbagai derajat integrasi yang berbeda. Jelas bahwa komunitas menduduki tingkat organisasi yang lebih tinggi ketimbang organisme itu sendiri (Dansereau 1953).

Oleh karena itu, suatu komunitas tumbuhan dapat diartikan sebagai suatu kombinasi berbagai tumbuhan yang bergantung kepada lingkungannya dan saling memengaruhi satu terhadap yang lain dan mengubah lingkungannya sendiri. Mereka dan habitat bersamanya serta organisme lain yang berasosiasi membentuk sebuah ekosistem (Tansley 1935), yang juga terkait dengan ekosistem tetangganya dan dengan iklim makro di dalam kawasan.

Meskipun hubungan satu dan lainnya sangat erat, masing-masing anggota mempertahankan individualitasnya, karena setiap jenis dapat tumbuh juga di luar komunitas. Oleh karena itu, unit akhir vegetasi bukan komunitas tumbuhan, melainkan masing-masing tipe tumbuhan. Yang dimaksud adalah populasi-populasi sembarang takson yang secara genetika terkait (seperti jenis, anak jenis,

varietas, ras, atau ekotipe) yang wakil-wakilnya menunjukkan perilaku ekologi yang serupa.

### 3.3 IDENTIFIKASI KOMUNITAS

Jawaban bagi pertanyaan “Apa itu suatu komunitas tumbuhan?” sebagian telah diberikan dalam pembahasan terdahulu, meskipun pertanyaan tersebut belum terjawab seluruhnya. Misalnya, bagaimana suatu komunitas tumbuhan diidentifikasi di lapangan? Alechin (1925) memberi solusi, dan menurutnya kumpulan tumbuhan dapat membentuk (a) kelompok terbuka, atau (b) pengelompokan tertutup. Tentang yang terakhir dapat dibedakan: permukiman tanpa integrasi; tegakan murni yang mungkin temporer atau permanen; atau komunitas, yaitu tegakan populasi campuran.

Gagasan Alechin membatasi arti komunitas hanya untuk tegakan populasi campuran dan terintegrasi yang terdapat sebagai pengelompokan tertutup. Banyak penulis menganggap integrasi merupakan persyaratan untuk mengenal suatu pengelompokan tumbuhan sebagai komunitas (Poore 1964). Kami berpendapat bahwa integrasi populasi dalam komunitas adalah suatu subjek penelitian vegetasi. Identifikasi komunitas tidak selalu dapat dinilai sebelumnya atau dibuat kriteria untuk identifikasi komunitas. Sama halnya, tegakan populasi murni, jika keseluruhannya tidak terdiri atas tanaman budi daya yang ditanam atau ditumbuhkan dari biji secara artifisial, adalah kelompok tumbuhan yang menarik bagi penelitian fitososiologi. Tampaknya tidak ada alasan untuk tidak memasukkan kelompok seperti itu sebagai komunitas. Demikian juga jarak antartumbuhan bukan suatu pembatas. Bahkan, kelompok tumbuhan gurun yang strukturnya di atas permukaan tanah terbuka dapat membentuk komunitas yang mempunyai integrasi tinggi (Walter 1964; 1971). Di bawah tanah mereka itu tertutup melalui sistem perakaran lateralnya yang saling melilit.

Lippman (1939) mempersempit lebih jauh konsep komunitas, yaitu kepada masing-masing strata horizontal, seperti perdu, terna, atau lapisan dekat permukaan tanah, yang merupakan bagian komponen berbagai komunitas. Setiap pembatasan struktural seperti itu, meskipun mengangkat atribut komunitas yang menarik, memaksakan secara *a priori* pembatasan penelitian vegetasi. Oleh karena itu, untuk identifikasi komunitas, konsep tersebut hendaknya dibuat selonggar mungkin. Tampaknya memadai untuk mengidentifikasi komunitas (pada semua tingkat skala geografi) melalui variasi dalam homogenitas atau uniformitas penutup vegetasi suatu daerah, yang berdasarkan penglihatan variasi ini nyata.



Apakah ini dapat disebut formasi, konsosiasi, asosiasi, sinusia, dan sebagainya, adalah suatu pertanyaan yang akan dibahas dalam Bab 8.

### 3.4 PARAMETER VEGETASI UNTUK MENENTUKAN KOMUNITAS

Berbagai parameter vegetasi telah diusulkan untuk menentukan komunitas secara geografi atau menurut ruang. Parameter ini termasuk **bentuk-hidup** (*life form*) atau **bentuk pertumbuhan** (*growth form*), dominansi jenis, dan kehadiran atau ketidakhadiran jenis diagnostik tertentu. Berbagai ajaran (*schools*) telah berkembang di sekitar penggunaan yang lebih eksklusif mengenai parameter ini. Whittaker (1962) menyajikan sebuah penelaahan terperinci tentang subjek ini. Ia menyatakan bahwa di negeri berbahasa Inggris digunakan pendekatan dominansi, sedangkan di negeri-negeri di Eropa daratan diterapkan kriteria kehadiran dan ketidakhadiran jenis. Sementara pemisahan ini dapat dibenarkan atas dasar pencarian latar belakang sejarah dari berbagai pendekatan yang berbeda dalam ekologi vegetasi, dan sekarang akan terasa terlalu menyederhanakan metode-metode tersebut yang dewasa ini digunakan di berbagai tempat di dunia. Tradisi menurut negeri akan hilang bila berbagai metode yang sangat cocok untuk tujuan dan vegetasi tertentu diterapkan. Selain itu, juga penggunaan lebih dari satu parameter vegetasi makin banyak diterapkan sehingga menghasilkan sistem klasifikasi yang kurang artifisial (Poore 1962).

Variasi penutupan vegetasi disebabkan oleh berbagai sifat tumbuhan, selain dominansi atau komposisi jenis. Meskipun sukar diukur, sifat-sifat tersebut juga sangat bermanfaat dalam penentuan berbagai pola. Sifat-sifat lain seperti itu termasuk pembungaan, pewarnaan kanopi, perubahan musiman pada dedaunan atau pucuk, serta perbedaan tinggi dan perawakan. Ini semua dapat dikenal pada semua tingkat geografi.

### 3.5 KOMUNITAS KONKRET DAN ABSTRAK

Sejauh ini kita telah membahas konsep komunitas hanya dengan rujukan kepada tegakan tumbuhan seperti yang dapat di lihat di lapangan, yaitu dalam pengertian konkret. Ketidakhadiran batas-batas pasti antara komunitas yang berdampingan di lapangan tidak lebih sukar dalam identifikasi komunitas ketimbang ketidakhadiran batas-batas pasti antara komunitas yang berdampingan, tetapi terdapat pada tanah berbeda. Batas nyata antara dua gejala alam terkait jarang terdapat. Tetapi, dalam klasifikasi tanah hal ini diterima, sedangkan konsep klasifikasi tumbuhan

## Hipotesis Komunitas Tumbuhan

pada umumnya kurang dipahami dengan baik. Whittaker (1962), Daubenmire (1966) telah menerangkan dengan jelas beberapa ketidaksinambungan nyata atau **diskontinum konkret** (*concrete discontinua*), yang terdapat pada vegetasi yang menutup substrat yang berubah secara berangsur-angsur, dan McIntosh (1967a) telah mereduksi masalah kontinum ini sebagai gejala yang hanya terkait dengan konsep komunitas abstrak. Oleh karena itu, tampaknya sekarang ada kesepahaman umum bahwa penutupan vegetasi regional yang konkret dapat menunjukkan baik pola diskontinum atau pola terbatas tajam maupun pola-pola yang berubah secara berangsur-angsur atau kontinum. Kedua pola sebaran tersebut dapat membentuk mozaik di dalam suatu kawasan. Mozaik seperti itu dapat ditelaah dengan cuplikan-cuplikan tegakan yang kemudian diklasifikasi atau dievaluasi dengan ordinasi.

Sebuah klasifikasi mengelompokkan cuplikan-cuplikan tegakan serupa menjadi berbagai tipe, sedangkan ordinasi menginterpretasikan kaitan cuplikan-cuplikan tegakan menurut kesamaan dan ketidaksamaannya. Kedua metode ini adalah metode abstraksi. Pilihan dari salah satu penyajian terutama hanya karena tujuan dan adakalanya terkait dengan sifat pola vegetasi (Whittaker 1972). Hal ini akan dibahas dalam Bab 4.

Masalah-masalah tertentu dalam pemahaman klasifikasi vegetasi disebabkan oleh kekacauan antara individu-individu anggota kelas yang konkret dan unit kelas abstrak. Perlu ditekankan bahwa unit-unit vegetasi abstrak tidak mempunyai realitas mutlak di alam. Unit-unit ini seperti nilai rerata dan kisaran dalam aritmetik yang dapat memberi kecocokan terdekat dan terkecil kepada populasi bilangan, tetapi mereka tidak menunjukkan identitas mutlak terkait dengan anggota-anggota populasi, yang dalam unit vegetasi abstrak adalah individu-individu komunitas konkret.

Untuk menghindari kekacauan, kami percaya akan bermanfaat untuk membedakan antara komunitas tumbuhan konkret dan komunitas abstrak atau tipe vegetasi. Istilah-istilah seperti **asosiasi** (*association*) dan **sosiasi** (*sosiation*) hendaknya hanya dipakai dalam pengertian abstrak, yaitu tidak digunakan untuk komunitas konkret tertentu atau cuplikan tegakan di lapangan. Bila yang terakhir yang diacu, hendaknya digunakan istilah seperti komunitas tumbuhan atau **fitosenosis**, seperti halnya penggunaan istilah **biosenosis** (*biocoenosis*) untuk komunitas kehidupan dalam pengertian konkret. Poore (1955) menyarankan istilah **nodum** (*nodum*) bila yang diacu adalah komunitas abstrak tanpa melihat peringkat.



# 4

## BERBAGAI PERTIMBANGAN DALAM PENCUPLIKAN VEGETASI

### 4.1 LANGKAH-LANGKAH PENTING DALAM PENCUPLIKAN

Setiap studi vegetasi secara terperinci didasarkan pada deskripsi atau pertelaan dan penelaahan komunitas tumbuhan atau segmen vegetasi, yang terlebih dahulu harus dikenal di lapangan. Kemudian segmen vegetasi ini harus dicuplik melalui analisis tegakan yang representatif di dalam segmen yang telah dikenal. Survei 100%, meskipun hanya untuk satu segmen vegetasi, akan terlalu banyak memakan waktu. Oleh karena itu, deskripsi harus didasarkan pada seperangkat cuplikan. Selain itu, harus pula diputuskan parameter atau statistik yang mana dari suatu vegetasi yang harus direkam atau diukur, dan ukuran serta bentuk cuplikan apa yang akan digunakan.

Empat langkah berikut harus dipertimbangkan dalam setiap pencuplikan vegetasi: (a) segmentasi vegetasi atau identifikasi seutuhan (b) pemilihan bagian-bagian kecil dalam segmen-segmen yang telah diidentifikasi, (c) keputusan mengenai ukuran dan bentuk apa yang akan digunakan, dan (d) keputusan apa yang akan direkam setelah cuplikan atau petak dibuat.

Empat langkah tersebut tidak selalu diikuti dalam urutan seperti di atas. Langkah-langkah ini dapat berbeda dalam rincian sesuai dengan pandangan dan konsep vegetasi peneliti, dengan karakter vegetasi itu sendiri, dengan tujuan penelitian, dan dengan waktu yang tersedia untuk penelitian.

Yang akan kita bahas hanya pendekatan-pendekatan yang biasa digunakan, karena uraian lengkap adalah di luar lingkup buku ini. Selanjutnya, perlu ditekankan bahwa bagaimanapun pentingnya investigasi yang cermat tentang komunitas atau pencuplikan, itu bukanlah tujuan penelitian vegetasi. Itu hanya menyajikan bahan mentah yang diperlukan untuk dokumentasi studi. Pentingnya pencuplikan vegetasi adalah bahwa semua perlakuan berikutnya terhadap data

dan kesimpulan yang ditarik bergantung pada seleksi awal dan karakteristik cuplikan.

Langkah pertama, identifikasi seutuhan, segmentasi atau pembagian penutupan vegetasi selalu subjektif. Demikian juga apakah kita memilih metode-metode objektif untuk pemilihan cuplikan berikutnya dalam segmen.

#### 4.2 PEMILIHAN CUPLIKAN SECARA SUBJEKTIF ATAU OBJEKTIF

Tiga pendekatan dapat digunakan dalam peletakan cuplikan ke dalam segmen vegetasi yang telah dikenal lebih dulu, yaitu

1. Subjektif dengan bias yang sudah dipertimbangkan sebelumnya (*preconceived bias*);
2. Subjektif tanpa bias yang sudah dipertimbangkan sebelumnya;
3. Objektif menurut kaidah kebetulan (*chance*).

Pendekatan pertama sering digunakan dalam pencuplikan vegetasi di Eropa daratan. Ini berarti bahwa peneliti mungkin secara sadar melewatkan penyimpangan-penyimpangan atau ketidakcocokan dalam vegetasi supaya sesuai dengan apa yang ingin disampaikannya. Pendekatan ini telah menghasilkan kesimpulan yang salah dan pantas untuk dikritik. Sayang sekali hanya sedikit kritik yang telah membuat perbedaan antara dua macam pencuplikan subjektif. Oleh karena itu, banyak ekologiwan Amerika yang menganggap pencuplikan subjektif tidak ilmiah.

Sebenarnya pencuplikan subjektif yang kedua mempunyai keabsahan yang besar. Pada kenyataannya pendekatan ini telah membawa kepada kemajuan cepat dalam ilmu. Pendekatan kedua ini berbeda dengan subjektivitas yang pertama dalam aspek utama, yaitu bahwa peneliti mendekati objek studi dengan hipotesis negatif dalam pikirannya. Ini berarti bahwa ia menggunakan pikiran secara penuh dalam **penyeutuhan** (*entitiation*), tidak mengabaikan apa pun, dan mempertahankan program yang fleksibel selama penelitiannya. Oleh karena itu, ia siap menerima hipotesis baru segera setelah pengetahuan lebih lanjut menunjuk kepada perlunya modifikasi atau perubahan. Platt (1964) menyebut pendekatan ini sebagai **kesimpulan kuat** (*strong inference*), yang pada dasarnya diartikan bahwa dalam ilmu pengetahuan adalah bijaksana untuk menggunakan imajinasi sepenuhnya dan membuat pembedaan bila akal sehat dan pengalaman mengharuskannya. Gagasan yang sama disajikan oleh Poore (1962), yaitu

pengetahuan maju sangat cepat melalui proses **taksiran berturutan** (*successive approximation*).

Pendekatan objektif memerlukan pencuplikan sesuai dengan kaidah kebetulan. Ini berarti bahwa pencuplikan dibuat secara sistematis atau acak dan penyisihan pilihan-pilihan lain selanjutnya dalam penempatan cuplikan setelah seutuhan awal telah dikenal. Pendekatan ini sering kali tidak fleksibel. Penempatan cuplikan tegakan secara objektif atau ditentukan sebelumnya (*predetermined*) diperlukan bila pola vegetasi tidak dapat dibedakan atau tidak terlihat oleh peneliti. Selanjutnya pencuplikan acak diperlukan bila ekologi mau menggunakan statistik probabilitas untuk mendukung kesimpulannya.

### 4.3 PENGENALAN BERBAGAI SEUTUHAN ATAU KOMUNITAS

#### 4.3.1 TINGKAT PENYEUTUHAN (*ENTITATION*)—SEBUAH PERTANYAAN DAN TUJUAN

Berbagai pendapat berbeda terutama dalam kaitan dengan derajat segmentasi penutup yang digunakan, yaitu dalam kaitan dengan rincinya pengamatan batas-batas komunitas. Pada gilirannya ini bergantung pada konsep komunitas, kecermatan survei awal sebelumnya, tujuan studi, skala geografi yang diperlukan, dan vegetasi itu sendiri.

Misalnya, jika konsep Gleason yang dipegang bahwa berbagai himpunan tumbuhan yang serupa tidak dikelompokkan atau diklasifikasikan menjadi tipe komunitas abstrak (karena secara rinci mereka tidak sama), maka yang digunakan adalah derajat keseutuhan secara umum. Ini berlaku hanya untuk pengenalan seutuhan secara fisiognomi, seperti hutan, semak atau padang rumput, atau di dalam hutan hanya berlaku untuk kelompok-kelompok penting jenis pohon dominan. Curtis (1955; 1959) menggunakan subdivisi lebih lanjut unit-unit lanskap besar di padang rumput **prairi** (*prairie*) di Wisconsin. Penyeutuhan umum seperti itu tidak memerlukan banyak survei dan pengenalan awal vegetasi sebelum pencuplikan. Kecuali bila kita sangat hati-hati, pencuplikan subjektif dalam unit yang sangat luas seperti itu dengan mudah akan berakhir dengan kesimpulan yang bias, karena variasi internal yang besar biasanya terkait dengan unit-unit besar. Dalam unit-unit besar seperti itu sukar untuk menempatkan cuplikan secara subjektif sedemikian rupa sehingga cuplikan-cuplikan itu mewakili unit secara keseluruhan. Alih-alih, cuplikan-cuplikan yang ditempatkan secara acak atau sistematis menghasilkan pertelaan yang kurang bias. Namun,

variasi-variasi berulang yang terinci yang mempunyai nilai ekologi penting tidak dapat terungkap dengan pendekatan ini meskipun pencuplikan dilakukan sebaik mungkin.

Berlawanan dengan konsep individualistik Gleason adalah filosofi Braun-Blanquet dan banyak lainnya yang berpendapat bahwa himpunan-himpunan tumbuhan serupa yang terdapat secara berulang dapat dikelompokkan ke dalam berbagai tipe, meskipun kenyataannya memang tidak ada dua himpunan tumbuhan yang benar-benar sama. Tetapi, dalam konsep ini diterima bahwa hanya sejumlah jenis tertentu dari sebuah komunitas yang sering terdapat secara berulang dalam kombinasi-kombinasi yang serupa, sementara anggota komunitas lain tidak. Kombinasi-kombinasi tumbuhan yang sering berulang ini membentuk landasan bagi perbedaan komunitas. Kontras ini dalam konsep komunitas, yaitu berulang lawan tidak berulang dari kombinasi-kombinasi tumbuhan serupa yang memusatkan perhatian kepada pendekatan berbeda dalam pencuplikan. Ini bukanlah gagasan, yang telah dikemukakan di atas, bahwa komunitas membentuk seutuhan seperti organisme dan bahwa mereka ini dapat dilihat sebagai unit-unit nyata. Bila tujuannya adalah untuk memertelakan vegetasi melalui klasifikasi dengan maksud untuk mencari hubungan yang berarti antara lingkungan dan unit vegetasi dan kemudian mencari penjelasan sebab-akibat dari berulangnya himpunan-himpunan tumbuhan yang serupa dan berbeda, maka perlu penekanan lebih kepada pengenalan awal sebelum pencuplikan. Ini memerlukan survei awal yang rinci dan berulang. Semakin baik pengetahuan awal berdasarkan survei pendahuluan suatu daerah secara keseluruhan, maka pencuplikan berikutnya akan lebih baik pula.

Cain & Castro (1959) mengutarakan intensifikasi pengenalan sebagai (a) **survei pendahuluan** (*reconnaissance*), (b) **survei primer** (*primary survei*), dan (c) **survei intensif** (*intensive survei*). Survei intensif adalah tahap pencuplikan untuk memperoleh data kuantitatif dan semi-kuantitatif. Pengenalan awal dan survei primer adalah pengenalan kualitatif yang menghasilkan keseutuhan, stratifikasi, atau pemetaan umum. Pengenalan awal yang terinci dan intensif, yang diperlukan sebelum tegakan cuplikan ditentukan secara subjektif tanpa bias yang sudah dipertimbangkan sebelumnya, lebih menyerupai survei primer menurut Cain & Castro.

Macam pencuplikan yang mengikuti stratifikasi awal bergantung kepada tujuan. Bila tujuannya adalah untuk memperoleh gambaran komposisi floristik yang membedakan seutuhan, semacam pencuplikan yang dipusatkan akan

memadai, yaitu dicari suatu luasan di dalam setiap segmen yang tampak mewakili segmen secara keseluruhan.

Bila segmen ditentukan hanya dengan jenis pohon dominan, Whittaker (1962) cuplikan yang mewakili sukar dicari karena dalam segmen banyak variasi, tetapi bila ditentukan juga oleh tumbuhan bawah (Krajina 1959; Daubenmire 1968; Marr 1967), seutuhan jauh lebih kecil dan karenanya lebih homogen. Ini akan memudahkan menemukan lokasi cuplikan yang mewakili sebuah segmen. Meskipun demikian, untuk dapat sampai ke situasi seperti ini diperlukan usaha keras untuk membuat pengenalan awal dan survei primer.

Bila yang dicari bukan klasifikasi floristik himpunan-himpunan lebih halus dari tumbuhan yang terjadi berulang-ulang, seperti dalam analisis kontinum, replikasi pencuplikan tidak perlu dipertimbangkan. Alih-alih, pencuplikan dilakukan sepanjang landaian atau gradasi floristik atau lingkungan sedemikian rupa sehingga cuplikan-cuplikan tersebar secara acak atau sistematis. Ini berarti bahwa masing-masing cuplikan mencakup berbagai variasi kombinasi tumbuhan. Jadi, pencuplikan replikasi bila ada semata-mata hanya kebetulan.

Kedua pendekatan pada awalnya subjektif. Pendekatan untuk mencari pola-pola berulang membawa elemen subjektif lebih jauh. Penekanannya terletak pada penyeutuhan dan pengembangan analisis kualitatif atau hipotesis sebelum terjun ke dalam analisis kuantitatif. Maksud pertama dalam pendekatan ini adalah untuk menelaah kesamaan dan perbedaan tentang penutup vegetasi dan untuk mendokumentasikan pentingnya data cuplikan. Karena derajat yang lebih halus dari penyeutuhan dalam pendekatan ini, variasi di dalam segmen juga banyak berkurang, dan variasi besar dimunculkan melalui segmen-segmen itu sendiri. Variasi internal segmen yang lebih halus dan homogen ini menjadi tujuan sekunder dari penelitian. Sebagian besar variasi internal ditelaah dengan menempatkan beberapa cuplikan ke dalam himpunan-himpunan tumbuhan yang tampak serupa dan berulang. Karena masing-masing berbeda secara rinci, cuplikan-cuplikan mewakili spektrum variasi yang biasanya menunjukkan sebuah kontinum kesamaan yang bertahap.

### **4.3.2 BATASAN-BATASAN DALAM MENGOBJEKTIFKAN PENYEUTUHAN**

Goodall (1953a) memerlukan waktu lima hari untuk membagi secara objektif sebuah tegakan *Eucalyptus* Australia seluas 640 m<sup>2</sup> menjadi empat seutuhan, yang disebutnya subasosiasi. Tegakan seluas 640 m<sup>2</sup> ini adalah sebuah petak cuplikan biasa di dalam segmen hutan yang lebih luas yang dipilih secara subjektif. Ia



mencuplik petak tersebut dengan menempatkan 256 kuadrat yang masing-masing luasnya 5 m<sup>2</sup> dengan pengacakan terbatas, yaitu hampir secara sistematis pada permukaan petak. Ini merupakan intensitas pencuplikan 200%. Sub-penyeutuhan objektif diperoleh berdasarkan frekuensi dari pengelompokan jenis. Oleh karena itu, penutup dan ukuran tumbuhan, yang sama-sama absah untuk sub-penyeutuhan, tidak diperhatikan. Empat seutuhan yang dideteksi Goodall dengan metode pencuplikan objektif sangat jelas. Dengan menerapkan metode releve\* Braun-Blanquet, empat seutuhan tersebut dapat diklarifikasi dalam waktu beberapa jam melalui perbandingan flora.

Karya Goodall adalah studi tentang metode. Jejaring cuplikan yang padat memunculkan fakta bahwa tipe-tipe dihubungkan oleh banyak transisi. Oleh karena itu, vegetasi merupakan “kontinum yang bervariasi” dan perbedaan menjadi unit-unit tidak dapat dibuat tanpa abstraksi. Untuk menerapkan pencuplikan Goodall dengan intensitas 200% tidak praktis. Pada landasan pencuplikan praktis, cuplikan tersebar. Setiap cuplikan diberi bobot sama, apakah cuplikan terpusat atau memencar dalam kaitan dengan segmen vegetasi. Jadi, baik dengan pencuplikan acak ataupun sistematis batas-batas hilang meskipun mungkin terlihat nyata.

Sebagai contoh, Beschel & Webber (1962) mencuplik lapisan pohon hutan rawa di Ontario dengan interval 50 m sepanjang transek. Mereka menggunakan metode Cottam & Curtis (1956) (lihat Bab 7) yang disebut **metode kuadran berpusat titik** (*point centered quarter method*) atau untuk singkatnya disebut metode kuadran. Mereka menemukan bahwa kombinasi jenis tidak pernah terputus sehingga tidak dapat mengenal komunitas terpisah, meskipun dari udara sebelumnya mereka dapat melihat sabuk-sabuk nyata jenis dominan. Sabuk-sabuk nyata ini telah dipertelakan oleh penulis lain (Gates 1942; Conway 1962) sebagai komunitas terpisah. Komunitas ini dari foto udara dapat dipetakan, tetapi dengan analisis objektif Beschel & Webber komunitas terpisah tersebut tidak dapat ditunjukkan.

Contoh-contoh menunjukkan bahwa pembagian dapat dimunculkan dengan metode objektif hanya melalui jejaring cuplikan yang sangat rapat, yang untuk berbagai keperluan tidak praktis. Alternatif lain adalah dengan memberi bobot

---

\* Istilah releve (bahasa Perancis *relevé* yang berarti “abstrak”) adalah ekuivalen Eropa untuk tegakan cuplikan atau cuplikan vegetasi. Dalam buku ini istilah releve diartikan sebagai cuplikan tegakan yang relatif kecil berdasarkan konsep luas minimum (minimal area). Untuk metode releve lihat Bab 5.

kepada cuplikan-cuplikan berdasarkan parameter vegetasi yang menunjukkan batas-batas. Tetapi, ini akan menghilangkan keobjektifan pendekatan tersebut.

Pendekatan objektif kedua telah dikembangkan berdasarkan jenis secara individual, bukan sebagai kelompok (Whittaker 1951; De Vries 1952; Bray & Curtis 1957). Dalam pendekatan jenis, kisaran atau **amplitudo** (*amplitude*) dan **besaran** (*magnitude*), biasanya kerapatan (jumlah individu), beberapa jenis terpilih secara individual dianalisis dan kombinasinya dengan jenis yang berasosiasi diuji. Batas komunitas ditarik kemudian bila terdapat sedikit tumpang-tindih kisaran dan besaran. Kelemahan metode ini terletak pada pemilihan hanya beberapa jenis melimpah yang dapat dianalisis secara statistik dan pada keterbatasan pencuplikan dengan **sama jarak** (*equidistant*) dan secara acak. Posisi pencuplikan tidak dimodifikasi atau diberi bobot sesuai dengan kehadiran batas nyata, transisi atau **ekoton** (*ecotone*). Oleh karena itu, hasil rekombinasi kelompok jenis yang berasosiasi hanya memberi indikasi kabur tentang formasi komunitas atau bahkan tidak ada sama sekali. Kesulitan ini dikemukakan oleh McIntosh (1967a) yang menulis bahwa **penguantitasian** (*quantitation*) dalam arti metode analitis dikembangkan dengan baik, sedangkan **penyeutuhan** (*entitation*) dalam arti metode sintetik yang kuantitatif dan objektif belum dikembangkan.

Karena penyeutuhan penutupan vegetasi menjadi komunitas melalui metode objektif itu tidak praktis, maka tampaknya bermanfaat untuk menstratifikasi dengan nalar sendiri. Ini berarti bahwa semua variasi yang nyata mengenai penutupan vegetasi termasuk variasi yang disebabkan oleh variasi vegetasi bawah perlu dicatat, dan penyebaran cuplikan-cuplikan selanjutnya harus disesuaikan dengan kondisi tersebut.

Pendapat yang ingin ditekankan dalam analisis vegetasi telah dikemukakan dengan memadai oleh Gerard (1965) sebagai berikut: “Sebelum pengukuran-pengukuran mempunyai arti, haruslah pengukuran itu ditujukan ke sesuatu yang benar dan, bahkan dalam sains, menemukan sesuatu ini merupakan pencapaian utama, penyeutuhan lebih penting daripada penguantitasian”.

#### 4.4 PEMILIHAN CUPLIKAN TEGAKAN DI SEGMENT VEGETASI YANG TELAH DIKENAL

##### 4.4.1 REPLIKASI PENCUPLIKAN TERPUSAT

Hanya melalui survei awal dan pengetahuan tentang kawasan secara keseluruhan, kita dapat mengenal kombinasi tumbuhan yang sering berulang dan menentukan lokasi yang menunjukkan perkembangan yang optimal.

## Umum

Pemenuhan sempurna dari persyaratan tersebut dicontohkan oleh Stebler & Schröter (1892) dalam penelitiannya tentang tipe-tipe padang rumput di Swiss. Metode mereka, yang rumit dan makan banyak waktu, tidak digunakan lagi dewasa ini. Ukuran cuplikan yang kecil (satu kaki persegi), mengharuskan mereka memilih kawasan yang dicuplik dengan sangat hati-hati. Karena mengenal betul padang rumput di Swiss, mereka menentukan tipe-tipe dengan sejumlah kecil cuplikan. Penelitian ini masih sah sampai sekarang, dan studi fitososiologi modern mendukung hasil penelitian tersebut.

Pengetahuan survei awal yang baik sangat penting dalam studi komunitas tumbuhan yang terjadi berulang-ulang di kawasan geografi yang luas, misalnya hutan “*beech*” di Eropa atau padang rumput *Arenatherum elatius*. Secara ideal, komunitas seperti itu hendaknya diteliti pertama-tama di dalam pusat penyebaran, yaitu di kawasan di mana komunitas itu banyak terdapat dan meliputi kawasan luas, yang menunjukkan variasi terbesar di dalam komunitas dan jumlah jenis terbesar.

Kecuali bila ditentukan dengan sengaja, tidak ada kriteria mutlak untuk menimbang sebelumnya variasi dan keberulangan himpunan tumbuhan yang secara ekologi penting. Meskipun demikian, bila kita berjalan berulang-kali dan mengamati kawasan dari lingkungan ekstrem yang satu ke yang lain, biasanya kita dapat memperoleh suatu indikasi. Bila tidak, kita harus menggunakan lebih banyak cuplikan.

Dengan pengenalan variasi-variasi area-kecil dalam penutup vegetasi yang terdapat berulang-ulang di seluruh kawasan dengan pola serupa, penyentuan awal sebenarnya telah tercapai. Validitasnya kemudian diuji dengan cuplikan tegakan atau petak. Petak-petak ini dibuat dalam segmen vegetasi di lokasi-lokasi segmen dengan yang tampak paling mewakili. Bila komunitas sangat homogen, cuplikan dapat diletakkan di mana saja di dalam kisarannya, tetapi komunitas biasanya berubah dari pusat ke luar. Dalam hal ini cuplikan diletakkan sejauh mungkin di sekitar pusat. Oleh karena itu, pendekatan ini dikatakan pencuplikan terpusat atau tidak acak.

Pendekatan ini telah dipertelakan oleh Cain (1943), Cain & Castro (1959), dan juga peneliti lain sebagai metode petak tunggal. Pernyataan ini sebenarnya agak menyesatkan, karena satu petak per seutuhan atau komunitas jarang merupakan cuplikan yang memuaskan. Alih-alih, beberapa cuplikan (biasanya minimum 5 sampai 10) dibuat, khususnya di kawasan yang semula telah dikenal sebagai kombinasi tumbuhan berulang yang serupa. Ini memungkinkan kita

untuk melihat apakah rekombinasi, yang tampaknya berguna untuk membuat klasifikasi menjadi tipe, benar-benar serupa. Ini adalah apa yang dinamakan pencuplikan *noda* (Poore 1962). Bila data tegakan menunjang kesamaan yang telah dikenal, dapat kita katakan bahwa ini suatu pencapaian dalam penyetujuan, karena tidak ada dua himpunan tumbuhan yang secara rinci sama. Meskipun demikian, variabilitas yang terdapat di antara cuplikan tegakan replikat tidak merupakan kriteria efisiensi pencuplikan. Ini hanya mencerminkan variabilitas dalam pola berulang kawasan vegetasi, liputan geografi, jumlah cuplikan replikat, dan derajat penyetujuan.

Batas bawah subdivisi atau pembagian harus dibuat sesukanya (*arbitrary*), karena bila unit yang dibuat terlalu banyak, nilai klasifikasi akan luntur. Klasifikasi harus menghasilkan generalisasi yang berarti. Batas bawah ini memerlukan pertimbangan tambahan dari peneliti dan pertimbangan ini harus berorientasi kepada tujuan untuk apa klasifikasi tersebut dibuat.

### **4.4.2 PENCUPLIKAN ACAK, SISTEMATIS, DAN ACAK BERLAPIS**

Pencuplikan seperti ini perlu, di mana pengukuran variasi harus dilakukan di seluruh segmen vegetasi, yang terlalu besar bila dibuat cuplikan 100%. Ini berlaku terutama bagi analisis kontinum yang dimaksudkan untuk mengevaluasi variasi di seluruh komunitas dominan yang ditentukan secara kasar. Meskipun demikian, pendekatan ini dapat juga diterapkan kepada analisis releve, jika kita ingin mengukur bukannya menaksir kuantitas jenis di dalam cuplikan atau pengukuran mempunyai arti khusus bila releve digunakan sebagai petak permanen.

Penempatan cuplikan secara acak berarti menempatkan cuplikan seluruhnya dalam segmen secara kebetulan. Ini dapat dilakukan dengan membuat dua koordinat dengan interval yang sama jaraknya pada pinggir tempat yang dicuplik. Kemudian ambil sepasang nomor acak dari tabel acak (umumnya diterbitkan bersama buku panduan statistika) atau dengan mengambil dua nomor dari topi atau suatu wadah. Dengan dua nomor ini, posisi acak petak dapat ditentukan berdasarkan koordinat dalam segmen. Dengan pencuplikan acak kesalahan statistik dapat ditunjukkan pada nilai rerata, sehingga variasi sekitar rerata dapat dihitung dengan cermat, tetapi hanya untuk jenis yang lebih umum.

Dengan meningkatnya pengetahuan tentang sebaran populasi tumbuhan, ditemukan bahwa sebaran yang benar-benar acak hampir tidak ada di alam.

Alih-alih, populasi tumbuhan boleh dikatakan menyimpang dari sifat acak, dan lebih cenderung mempunyai **sebaran terumpun** (*clumped distribution*) atau mempunyai **sebaran tularan** (*contagious distribution*) (Ashby 1948; Greig-Smith 1964). Kecuali bila rumpun itu sendiri tersebar acak, cuplikan yang disebar secara teratur ke seluruh segmen cenderung untuk memberikan kisaran variasi yang lebih baik.

Kebaikan pencuplikan acak dan sistematis sering dikombinasikan dan disebut **pencuplikan acak berlapis** (*stratified random sampling*). Dengan cara ini, segmen vegetasi secara subjektif dibagi (berlapis) menjadi beberapa subsegmen yang hampir sama besar. Dalam subsegmen ini cuplikan disebar secara acak. Pencuplikan dalam setiap subdivisi menjamin liputan ke seluruh segmen vegetasi, sedangkan peletakan cuplikan secara acak di dalam subdivisi memungkinkan untuk menghitung kesalahan (*error*) statistik. Meskipun demikian, ini berarti hanya untuk populasi tumbuhan yang melimpah dan hanya bila populasi tumbuhan itu tersebar secara acak dalam setiap subdivisi. Pembuatan subdivisi segmen vegetasi yang luas secara subjektif mempunyai nilai tambah bahwa homogenitas antarsubsegmen dapat diuji. Untuk itu, pencuplikan sistematis dalam subsegmen dapat juga diterapkan.

#### 4.5 DUA PENDEKATAN PENCUPLIKAN BERBEDA

Pemakaian suatu metode pencuplikan tertentu—seperti derajat penyeyutuhan—semata-mata bergantung kepada pendapat dan tujuan. Untuk tujuan deskripsi floristik vegetasi secara terinci ada dua pendekatan utama, yaitu analisis releve untuk klasifikasi dan analisis kontinum untuk ordinasi.

Sebuah klasifikasi dimaksudkan untuk mengelompokkan tegakan ke dalam kategori. Tegakan yang satu sama lain sangat mirip membentuk sebuah kelas dan dipisahkan dari kelas lain, yang juga terdiri atas tegakan-tegakan serupa. Sifat-sifat yang umum dalam sebuah kelompok tegakan serupa di dalam sebuah kelas diabstraksikan untuk memertelakan kelas tersebut. Oleh karena itu, sifat-sifat sebuah kelas yang diabstraksikan ini dapat dibandingkan dengan rata-rata dari seperangkat nilai bila sekiranya dikombinasikan dengan pengukuran kisaran. Meskipun demikian, sifat-sifat variasi di dalam unit kelas tidak selalu ditunjukkan. Ini bergantung kepada bentuk penyajian. Untuk validitas praktis dan ilmiah, sifat-sifat kelas yang diabstraksikan akan cukup untuk memertelakan masing-masing anggota setiap kelas.

## Berbagai Pertimbangan dalam Pencuplikan Vegetasi

Sebaliknya, suatu ordinasi dimaksudkan untuk menggambarkan individualitas setiap tegakan. Ini dilakukan dengan mempertunjukkan **kesamaan** (*similarity*) atau **ketidaksamaan** (*dissimilarity*) antara satu tegakan dan tegakan yang lain (semua) dalam bentuk model geometri.

Perbedaan mendasar mengenai pencuplikan komunitas ini adalah:

### 1. Metode Klasifikasi

- a. Berkembang dari metode daftar-jenis (releve) (Bab 5 dan 9), yang bertujuan untuk memperoleh daftar jenis tumbuhan yang lengkap dalam sederet habitat yang relatif kecil dan seragam lingkungannya.
- b. Bekerja dengan komunitas yang dianggap homogen dalam hal jenis dominan dan subdominan serta lapisan vegetasi.
- c. Bertujuan untuk membuat pertelaan dalam bentuk klasifikasi dengan pencuplikan himpunan-himpunan tumbuhan yang terdapat berulang-ulang dan dapat dibedakan secara visual.
- d. Biasanya intensitas pencuplikan tinggi, karena pencuplikan untuk pola berulang memerlukan replikasi.
- e. Kehadiran atau ketidakhadiran jenis dianggap lebih penting ketimbang variasi kecil mengenai jumlah. Oleh karena itu, metode ini sifatnya kualitatif.

### 2. Metode Ordinasi

- a. Dikembangkan khususnya dari metode survei pohon (Bab 7) dan biasanya mengabaikan rincian tentang pola dan komposisi jenis tumbuhan bawah selama fase pencuplikan.
- b. Bekerja dengan komunitas yang homogen hanya dalam hal jenis dominan atau lapisan vegetasi dominan. Oleh karena itu, komunitas biasanya agak luas sehingga tumbuhan bawah dan habitatnya heterogen.
- c. Bertujuan untuk membuat pertelaan dengan ordinasi, yaitu menderetkan cuplikan tegakan menurut urutan kesamaan.
- d. Intensitas pencuplikan dapat tinggi atau rendah. Setiap cuplikan tegakan dapat berisi himpunan tumbuhan yang sangat berbeda. Replikasi pencuplikan tidak diperlukan dan karena itu pemunculan pola berulang hanya kebetulan.
- e. Kehadiran dan ketidakhadiran jenis dianggap kurang penting dibandingkan dengan variasi kecil mengenai jumlah. Oleh karena itu, metode ini sifatnya kuantitatif.

## Umum

Meskipun berbeda, kedua metode ini bersaing dalam memperoleh pertelaan mendalam kawasan vegetasi terbatas atau formasi vegetasi yang tersebar luas, seperti hutan atau vegetasi rumput. Tetapi, kedua metode itu juga saling melengkapi dalam perlakuan data cuplikan. Tegakan yang dicuplik untuk sebuah klasifikasi dapat diolah dengan ordinasi, sementara tegakan yang dicuplik untuk ordinasi dapat diklasifikasi asal saja data floristiknya cukup lengkap.

Dengan intensitas pencuplikan sama yang diterapkan dalam analisis releve dan kontinum, perbedaan dalam pendekatan ini terletak pada derajat penyeutuhan dan sebaran cuplikan.

Derajat penyeutuhan yang umumnya lebih luas yang diterapkan pada analisis kontinum dan sebaran cuplikan di seluruh seutuhan vegetasi seluas itu akan menghasilkan anggota-anggota tegakan yang biasanya berbeda sesuai dengan pertambahan kesamaan atau ketidaksamaan. Kontinum seperti itu dapat dipecah menjadi beberapa kelas.

Derajat penyeutuhan yang biasanya lebih kecil yang diterapkan dalam analisis releve dan cuplikan-cuplikan berikutnya dengan sebaran memusat di setiap seutuhan yang lebih kecil akan menghasilkan tegakan-tegakan yang satu sama lain lebih serupa atau lebih jelas berhimpun dalam kelompok-kelompok atau kelas-kelas. Dalam metode ini ditekankan himpunan tumbuhan yang berulang, sedangkan metode kontinum transisi antara pola-pola berulang sama-sama ditekankan. Ini berarti juga bahwa dengan intensitas pencuplikan yang sama dalam kedua metode, pola berulang tidak ditekankan dalam analisis kontinum.

Kedua metode benar-benar saling melengkapi hanya bila derajat penyeutuhan sama dan bila intensitas pencuplikan dalam analisis kontinum diperbanyak seperti pada analisis releve.

Dalam situasi seperti itu, analisis releve untuk klasifikasi dapat dianggap sebagai pemberi informasi tahap pertama. Ini akan memberikan gambaran terutama perbedaan kualitatif dari pola-pola berulang yang diabstraksi atau kelas-kelas. Kelas-kelas ini dapat diinterpretasikan sebagai tempat pemberhentian sepanjang kontinum floristik atau landaian lingkungan.

Dalam kondisi seperti itu, analisis kontinum dapat diterapkan untuk memberi informasi tingkat kedua. Ini akan menggambarkan “struktur lebih halus” di dalam setiap kelas dan di antara kelas-kelas dengan mencuplik variasi dalam seutuhan.

**BAGIAN II**  
**ANALISIS VEGETASI DI LAPANGAN**





# 5

## **PENCUPLIKAN KOMUNITAS: METODE RELEVÉ**

Sekali penyeyutuhan atau pembagian penutupan vegetasi telah diklarifikasi, pada dasarnya komunitas telah dibentuk. Inilah alasan kenapa survei awal yang cermat dan pengenalan atau familiarisasi sebelum pencuplikan menjadi sangat penting. Pencuplikan dan pengumpulan data berikutnya hanyalah untuk memperoleh informasi yang lebih rinci tentang komunitas ini, terlepas dari pilihan kita apakah metode kualitatif atau kuantitatif untuk pertelaan vegetasi.

Meskipun demikian, perubahan-perubahan tertentu dalam penyeyutuhan mungkin penting sejalan dengan pengetahuan selama penelitian. Pendekatan harus cukup fleksibel untuk dapat membuat perubahan seperti itu.

### **5.1 TIGA PERSYARATAN SEBUAH CUPLIKAN TEGAKAN, TERUTAMA PERSYARATAN HOMOGENITAS**

Terlepas dari metode yang dipakai untuk analisis lapangan, sebuah cuplikan tegakan (*relevé*) harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Harus cukup besar untuk dapat menampung semua jenis yang dimiliki komunitas.
2. Habitat harus seragam di dalam tegakan ini, sejauh kita dapat menentukan.
3. Penutupan tumbuhan harus sehomogen mungkin. Misalnya, dalam tegakan hendaknya tidak terdapat tempat terbuka atau setengah dari tegakan didominasi oleh satu jenis dan setengahnya lagi didominasi oleh jenis lain.

Persyaratan homogenitas relatif di seluruh area tegakan yang dicuplik ini berpegang kepada dasar pikiran bahwa parameter vegetasi atau statistik yang direkam untuk tegakan ini harus menghasilkan nilai rerata yang berarti. Nilai rerata yang diperoleh dari sebuah area cuplikan yang sebagian melingkupi tempat

## Analisis Vegetasi di Lapangan

terbuka atau menyeberang batas komunitas yang jelas adalah suatu artefak. Tetapi tempat terbuka harus dimasukkan juga bila itu merupakan sifat-sifat khas sebuah komunitas.

Bergantung pada derajat segmentasi dan skala geografi yang diinginkan, tempat-tempat terbuka dapat dianggap sebagai seutuhan terpisah, atau dapat dimasukkan ke dalam cuplikan-cuplikan yang lebih besar. Bila tempat terbuka dalam tegakan dipisahkan sebagai seutuhan tersendiri, tempat terbuka ini dapat diabaikan atau dicuplik sebagai komunitas terpisah.

Konsep homogenitas yang telah dipraktikkan dalam analisis releve di Eropa sangat berbeda dibandingkan dengan analisis kontinum di Amerika.

Dalam analisis releve sebidang tegakan hutan, persyaratan mengenai homogenitas berlaku baik untuk lapisan pohon maupun vegetasi di bawah pohon. Daubenmire (1968) telah menggunakan konsep serupa di Amerika Utara bagian barat. Dalam analisis kontinum di hutan Amerika bagian timur, persyaratan homogenitas sejauh ini hanya diterapkan pada lapisan pohon saja. Oleh karena itu, dalam konsep homogenitas ini, vegetasi di bawah pohon dan habitat dapat sangat heterogen.

Curtis (1959) membuat sebuah uji homogenitas dengan membagi tegakan menjadi empat kuadran dan dengan membandingkan variasi komposisi pohon di antara empat kuadran tersebut dalam sebuah uji chi-kuadrat. Ternyata homogenitas itu dapat dinilai secara subjektif. Banyak pendekatan dicoba untuk menguantifikasi homogenitas (Raabe 1952; Dahl 1960; Moravec 1971) penutupan tumbuhan, namun tidak ada metode objektif yang memuaskan dan derajat variasi penutupan tumbuhan yang dianggap dapat diintegrasikan ke dalam nilai rerata semata-mata hanya pertimbangan saja.

Pertama-tama kita dibimbing oleh fisiognomi dan struktur vegetasi dan kemudian oleh keumuman atau dominansi jenis tertentu yang hadir secara relatif seragam di seluruh tegakan cuplikan. Jenis yang kurang menonjol atau jarang mungkin tumbuh terpencah di antara jenis yang menonjol atau dominan, dan pola pemencaran jenis yang kurang menonjol ini dianggap mempunyai nilai kepentingan sekunder. Tetapi, sebagai perbedaan kualitatif utama dalam konsep homogenitas ini dapat ditekankan bahwa tradisi Eropa menganggap lapisan terna dan perdu rendah sebagai petunjuk, sementara tradisi Amerika Utara bagian timur memberi perhatian hanya sedikit terhadap tumbuhan bawah dalam hutan dan menganggap komposisi penutupan lapisan teratas sebagai petunjuk

homogenitas. Perbedaan kualitatif penting ini menyebabkan bahwa untuk studi vegetasi menurut tradisi Amerika Utara diperlukan tegakan cuplikan yang lebih luas ketimbang untuk penelitian dengan tradisi Eropa.

## 5.2 AREA CUPLIKAN MINIMUM—PERSYARATAN UKURAN

Pencuplikan di dalam segmen atau komunitas harus memerhatikan bahwa jenis terwakili selengkap mungkin. Bila yang ditekankan adalah pencuplikan himpunan tumbuhan berulang, sudah menjadi praktik yang lazim untuk menentukan apa yang dinamakan **area minimum** (*minimal area*) komunitas. Ini didefinisikan sebagai luas terkecil suatu komunitas yang komposisi jenisnya cukup terwakili. Luas terkecil ini menjadi petunjuk ukuran releve atau kuadrat yang harus digunakan.

Sebaliknya, bila yang ditekankan adalah pencuplikan variasi kuantitatif jenis dalam komunitas besar yang ditentukan hanya oleh jenis dominan, gagasan komposisi jenis yang mewakili biasanya direduksi menjadi hanya pengukuran kuantitatif tertentu jenis yang melimpah. Alih-alih hanya menggunakan beberapa kuadrat atau petak dengan area minimum yang besar, cuplikan-cuplikan disebar seluas mungkin dalam setiap segmen vegetasi dalam bentuk kuadrat kecil atau cuplikan-cuplikan titik. Ukuran masing-masing kuadrat disesuaikan khususnya dengan kemudahan untuk mengukur parameter kuantitatif yang dipilih. Besarnya cuplikan secara keseluruhan ditentukan sesukanya atau disesuaikan dengan variasi kuantitatif segmen vegetasi.

Seleksi jenis-jenis yang “lebih penting” (dominan) dari jenis-jenis yang “kurang penting” (secara kuantitatif kurang terwakili) sebelum pencuplikan dianggap tidak cukup oleh banyak ekologiwan (misalnya Flahault & Schröter 1910; Braun-Blanquet 1928; Krajina 1960; Hanson & Churchill 1961; dan Daubenmire 1968).

Meskipun demikian, dua pendapat tersebut dapat dikombinasikan dan jumlah kuadrat kecil dapat ditentukan dengan melibatkan area minimum komunitas (Cain 1938; Oosting 1956; Daubenmire 1968).

Area minimum bergantung kepada macam komunitas dan bervariasi dalam batas yang lebar. Untuk vegetasi di daerah beriklim sedang dapat disajikan nilai empiris berikut:

## Analisis Vegetasi di Lapangan

Hutan (termasuk lapisan pohon)	200–500 m <sup>2</sup>
(hanya vegetasi bawah saja)	50–200 m <sup>2</sup>
Padang rumput kering	50–100 m <sup>2</sup>
Kerangas perdu kerdil	10–25 m <sup>2</sup>
Ara-ara ( <i>meadow</i> )	10–25 m <sup>2</sup>
Lahan penggembalaan yang dipupuk	5–10 m <sup>2</sup>
Komunitas gulma pertanian	25–100 m <sup>2</sup>
Komunitas lumut	1–4 m <sup>2</sup>
Komunitas lumut kerak	0,1–1 m <sup>2</sup>

### 5.2.1 TEKNIK PETAK DISARANGKAN (*NESTED PLOT TECHNIQUE*)

Area minimum hanya dapat ditetapkan dalam sebuah komunitas yang relatif homogen dan tidak terfragmentasi. Suatu komunitas dikatakan terfragmentasi jika komunitas tersebut tidak mengandung jenis yang biasanya hadir dalam himpunan tumbuhan berulang. Fragmentasi seperti itu dapat disebabkan oleh perusakan selektif jenis tertentu, misalnya karena penggembalaan, atau hanya karena fragmentasi area permukaan menjadi segmen-segmen yang sangat kecil. Jumlah total jenis (kekayaan jenis) juga merupakan suatu ciri penting sebuah tipe komunitas (McIntosh 1967b).

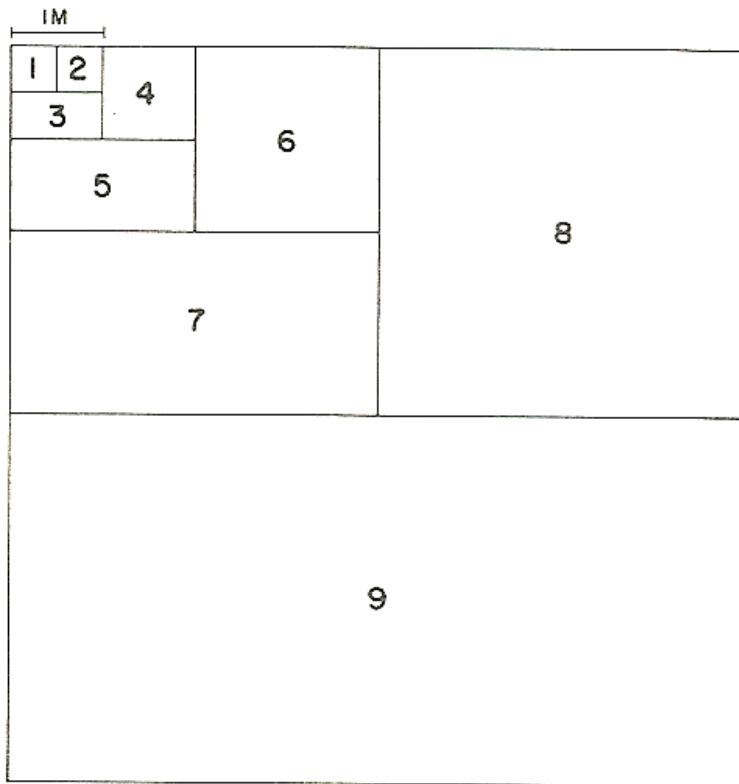
Area minimum ditentukan pertama-tama dengan membuat bidang kecil, misalnya 0,5 x 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>), dan mencatat semua jenis yang terdapat dalam bidang kecil ini. Kemudian area cuplikan diperluas dua kali lipat, kemudian empat kali dan delapan kali lebih besar, dan seterusnya. Penambahan jenis didaftar terpisah untuk setiap area yang diperluas (Tabel 5.1). Luas cuplikan ditambah sampai jumlah jenis yang ditambahkan ke dalam daftar menjadi sedikit sekali. Gambar 5.1 menunjukkan susunan kuadrat cuplikan dalam bentuk petak disarangkan.

### 5.2.2 KRITERIA UNTUK UKURAN RELEVE

Jumlah jenis kemudian dipetakan pada area cuplikan. Ini menghasilkan kurva jenis-area (Gambar 5.2). Area minimum adalah area cuplikan di mana kurva yang semula menaik tajam berubah menjadi hampir horizontal. Ini bukan definisi yang pasti. Oleh karena itu, disarankan memutuskan pada area yang agak lebih

besar untuk ukuran petak cuplikan atau kuadrat yang memadai. Ini ditentukan dengan nilai empiris dalam Bab 5.2.

Cain (1938) mengemukakan bahwa area minimum bila disajikan dalam bentuk grafik seperti itu dipengaruhi oleh perbandingan antara ordinat ( $y$ ) dan absis ( $x$ ). Kontraksi ordinat sebanding dengan absis menurunkan juga area minimum, karena kurva mendatar lebih cepat. Untuk memperbaiki kekurangan ini, ia membuat kriteria untuk menetapkan area minimum yang tidak dipengaruhi oleh perbandingan  $y/x$ . Ia menyarankan untuk menggunakan titik sepanjang kurva yang pada titik tersebut peningkatan 10% dari total area cuplikan menghasilkan hanya 10% lebih banyak jenis dari jumlah total yang dicatat.



**Gambar 5.1** Sistem petak-petak disarangkan untuk membuat area minimum. Setiap anak petak dinomori berurutan untuk mencakup area anak petak terdahulu. Jadi, anak petak bernomor ganjil berbentuk bujur sangkar. Tata-letak petak terkait data dalam Tabel 5.1.

## Analisis Vegetasi di Lapangan

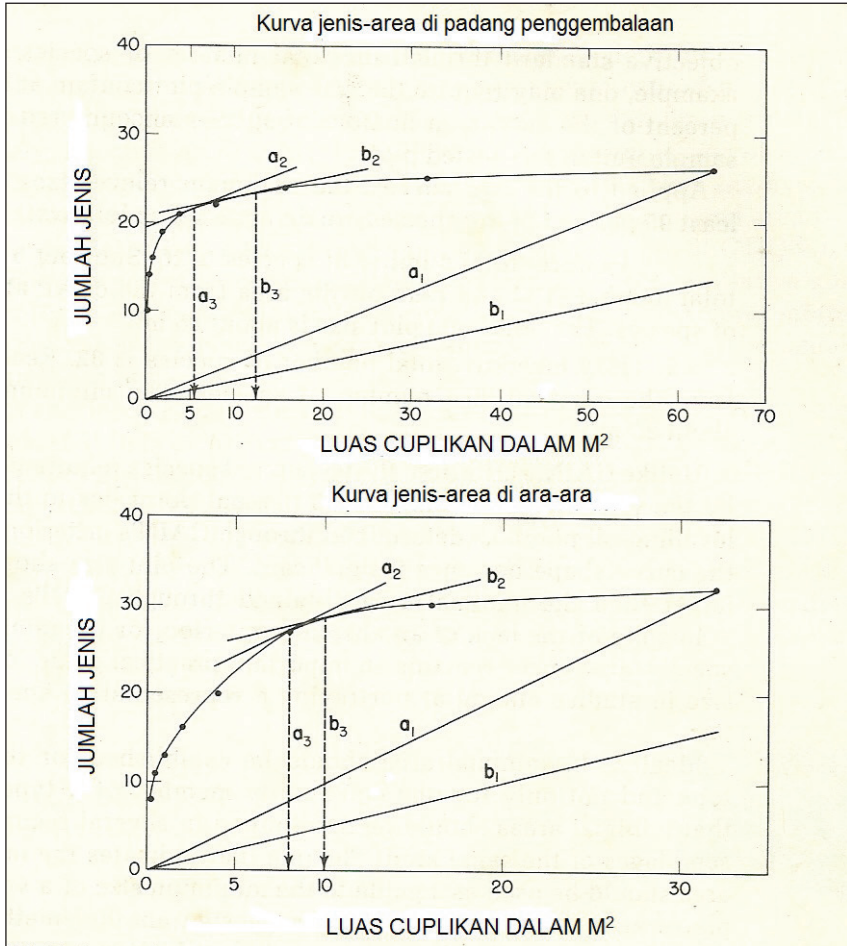
**Tabel 5.1** Data contoh untuk menentukan area minimum di sebuah lahan penggembalaan (*Lolieto-Cynosuretum typicum* di Jerman Barat Laut)

NOMOR SUBPETAK	UKURAN (m <sup>2</sup> )	JENIS	JUMLAH TOTAL KUMULATIF JENIS
1	0,25	<i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Poa trivialis</i> <i>Festuca pratensis</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Crysanthemum leucanthemum</i> <i>Rumex acetosella</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Bellis perennis</i> <i>Cirsium arvense</i>	10
2	0,5	<i>Cynosurus cristatus</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Cerastium fontanum</i> <i>Centaurea jacea</i>	14
3	1	<i>Leontodon autumnnalis</i> <i>Achillea millefolium</i>	16
4	2	<i>Holcus lanatus</i> <i>Vicia cracca</i> <i>Prunella vulgaris</i>	19
5	4	<i>Plantago major</i> <i>Festuca rubra</i> var. <i>genuina</i> .	21
6	8	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	22
7	16	<i>Trifolium dubium</i> <i>Taraxacum officinale</i>	24
8	32	<i>Rumex crispis</i>	25
9	64	<i>Lathyrus pratensis</i>	26

Contoh dalam Tabel 5.1 menunjukkan bahwa 10% dari luas total sama dengan 6,4 m<sup>2</sup>. Sepuluh persen dari jumlah total jenis adalah 2,6. Titik ini ( $x = 6,4$  dan  $y = 2,6$ ) dipetakan pada grafik. Kemudian sebuah garis ditarik melalui titik ini dan titik potong sumbu  $y$  dan  $x$  (titik asal). Garis serupa dapat ditarik lebih tepat dari titik asal ke titik pada nilai 100%  $x$  dan  $y$  (lihat Gambar 5.2. garis  $a_1$ ). Selanjutnya ditarik sebuah garis sejajar dengan yang pertama yang menyinggung kurva jenis-area secara tangensial (Gambar 5.2, garis  $a_2$ ). Kemudian titik singgung tangensial pada kurva diproyeksikan pada sumbu  $x$  (Gambar 5.2, garis  $a_3$ ), dan titik potong ini menunjukkan area minimum.

Taksiran yang lebih konservatif dari area minimum dapat diperoleh bila peningkatan area 10% menghasilkan 5% lebih banyak jenis. Titik ini diperoleh

dengan menarik garis melalui titik asal dan titik yang ditentukan oleh 50% jumlah jenis dan 100% luas yang dicuplik (Gambar 5.2, garis  $b_1$ )



**Gambar 5.2** Kurva jenis-area di sebuah padang penggembalaan (lihat Tabel 5.1) dan di ara-ara (*meadow*). Keterangan:  $a_1$  = garis 10%;  $a_2$  = tangens paralel dengan garis 10%;  $a_3$  = garis proyeksi ke area minimum berdasarkan penambahan jenis 10%;  $b_1$  = garis 5%;  $b_2$  = tangens paralel dengan garis 5%;  $b_3$  = garis proyeksi ke area minimum berdasarkan penambahan jenis 5%. Keterangan lebih lanjut dalam teks.

Dalam dua contoh yang ditunjukkan pada Gambar 5.2, area minimum ditentukan dengan cara ini adalah:



**Padang penggembalaan pada peningkatan jenis 10%: 5 m<sup>2</sup>**  
**pada peningkatan jenis 5%: 12 m<sup>2</sup>**  
**Ara-ara pada peningkatan jenis 10%: 8 m<sup>2</sup>**  
**pada peningkatan jenis 5%: 10 m<sup>2</sup>**

Nilai area minimum masih berupa perkiraan, dan karena itu dibulatkan ke meter persegi terdekat.

Meskipun demikian, metode Cain ini bukanlah pedoman mutlak, karena teknik itu dapat diterapkan juga kepada sembarang bentuk kurva, apakah akan mendatar atau tidak. Walau begitu, hanya kurva yang mendatar dapat digunakan untuk menentukan area minimum. Rice & Kelting (1955) mengingatkan kepada kenyataan bahwa titik 10% bergerak ke kanan pada kurva jenis-area dengan peningkatan luas area cuplikan berapa saja.

Namun, untuk analisis releve tidak ada untungnya menaikkan ukuran cuplikan jika tidak ada penambahan jenis lebih lanjut.

Keberatan Rice & Kelting dapat diatasi dengan membuat standar yang objektif berdasarkan jumlah total jenis yang dicuplik. Misalnya, mungkin saja kita mensyaratkan bahwa petak cuplikan berisi paling tidak 90 atau 95% dari jumlah maksimum jenis yang terdapat dalam unit cuplikan terbesar dari petak disarangkan.

Diterapkan kepada dua kurva di atas, ukuran minimum releve yang mengandung paling tidak 95% jenis ditentukan sebagai berikut:

1. Padang penggembalaan; jumlah total jenis adalah 26. Kurangi 5% dari jumlah total (1,3) dan baca luas dari kurva pada jumlah jenis 24,7. Ukuran minimum petak adalah sekitar 25 m<sup>2</sup>.
2. Ara-ara; jumlah total jenis adalah 32. Baca luas dari kurva pada jumlah jenis 30,4. Ukuran minimum petak adalah sekitar 20 m<sup>2</sup>.

Tidak seperti kriteria Cain, persyaratan 95% jenis dipengaruhi oleh perbandingan  $y/x$ . Tetapi, karena titik 95% terletak di sebelah kanan titik mendatar, seperti ditentukan dengan kriteria Cain, efek bentuk kurva menjadi tidak penting. Ukuran petak hendaknya selalu lebih besar daripada area minimum yang dihitung dengan kriteria Cain.

Meskipun kriteria mutlak untuk area minimum tidak ada, kurva jenis-area tetap merupakan petunjuk praktis yang penting untuk ukuran petak atau tegakan dalam studi dengan tujuan untuk menggambarkan komposisi jenis yang mewakili.

Secara ideal, area minimum seharusnya dibuat untuk tipe komunitas dan bukan hanya untuk satu komunitas anggota sebuah tipe. Ini berarti bahwa area minimum harus ditentukan dalam beberapa himpunan tumbuhan berulang yang serupa. Area minimum yang nilainya terbesar hendaknya digunakan sebagai petunjuk untuk ukuran minimum sebuah cuplikan vegetasi atau releve. Moravec (1973) menyarankan metode lain untuk menentukan area minimum, yang melibatkan perluasan petak-petak terpisah (bukannya petak disarangkan) dalam segmen vegetasi sampai kesamaan floristik (Bab 10) antarplot mencapai nilai maksimum. Secara teori metode ini tampak bagus, tetapi memerlukan banyak waktu dalam pencuplikan di lapangan serta penghitungan berikutnya, sehingga kepraktisannya diragukan.

### 5.2.3 EVALUASI KONSEP AREA MINIMUM

Kurva jenis-area jelas kuantitatif bila ditinjau dari jumlah jenis, tetapi memberikan hanya sedikit informasi tentang jumlah individu per jenis.

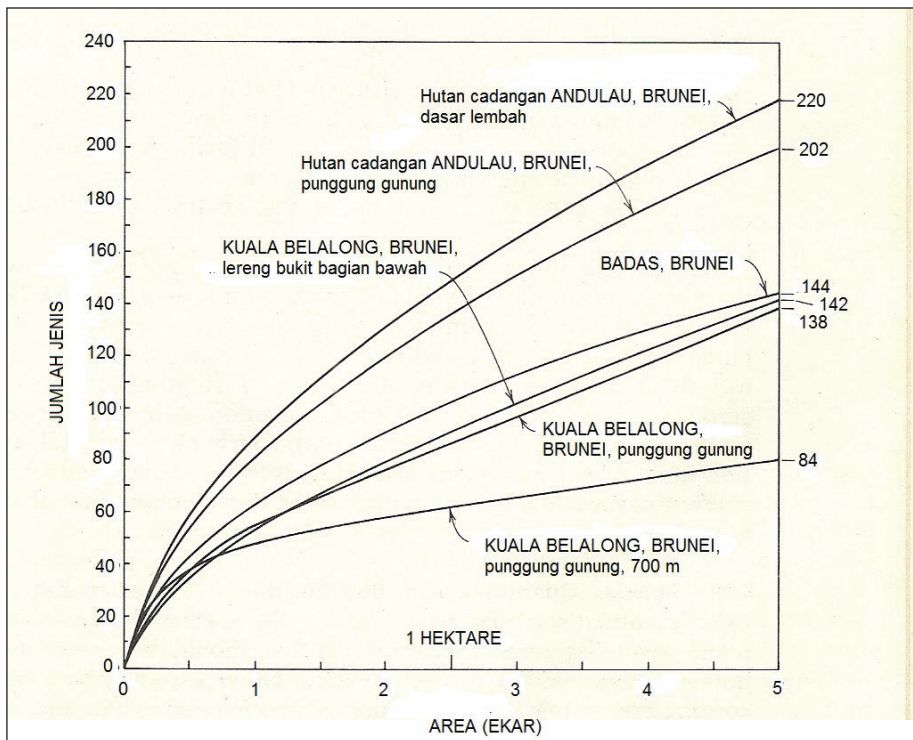
Misalnya, di padang penggembalaan terdapat 24 jenis dalam area 16 m<sup>2</sup>, sedangkan di ara-ara di kawasan yang sama tercatat 30 jenis. Jumlah jenis yang lebih besar dalam unit luas yang sama di ara-ara dapat menunjukkan individu-individu berukuran kecil, atau jumlah individu lebih sedikit per jenis, atau kombinasi parameter ini. Oleh karena itu, kurva jenis-area sering dianggap kurang penting dalam studi kuantitatif (McIntosh 1967b). Namun, masalah penghitungan individu per jenis adalah masalah yang sama sekali lain, yang biasanya memerlukan kuadrat atau petak berukuran kecil. Jumlah kuadrat kecil bergantung kepada variabilitas atau homogenitas segmen vegetasi, yang disebabkan oleh jenis yang lebih dominan atau jenis yang melimpah dalam komunitas. Tetapi, tidak ada petunjuk yang sangat objektif baik bagi penentuan ukuran cuplikan atau jumlah kuadrat kecil untuk analisis vegetasi. Masalah ini menyangkut pertimbangan yang sama seperti yang diperlukan untuk penentuan area minimum kurva jenis-area (lihat Bab 6.4).

Kurva jenis-area telah diterapkan juga untuk analisis kuantitatif komunitas. Agar mewakili komposisi jenis sebuah komunitas, sebuah cuplikan kuantitatif vegetasi tidak boleh lebih kecil daripada area minimum. Dari segi nilai informasi sebuah kurva jenis-area juga menarik karena kurva tersebut menunjukkan sifat-sifat penting komunitas, yaitu keanekaragaman jenis dalam kaitan dengan ukuran area yang makin besar. Atas dasar ini berbagai komunitas dapat dibandingkan.

## Analisis Vegetasi di Lapangan

Gambar 5.3 menunjukkan enam kurva jenis-area hutan hujan tropik di Borneo yang disajikan oleh Ashton (1965). Hanya kurva terbawah dari Belalong jelas menunjukkan kecenderungan untuk mendatar. Dalam komunitas ini releve seluas 0,5 ekar (*acre*) dapat dianggap memuaskan.

Dalam komunitas lain bahkan releve 5 ekar (atau 2 hektare) tampaknya masih terlalu kecil. Area minimum untuk komunitas-komunitas di sini barangkali sekitar 5 hektare. Dalam komunitas ini harus dibuat kompromi. Alih-alih satu releve besar dengan himpunan jenis yang hampir lengkap, kita harus memilih bekerja dengan ukuran releve yang praktis dan terkelola, meskipun releve itu berisi hanya sebagian kecil jumlah jenis dalam tipe komunitas. Namun, untuk maksud tersebut beberapa releve seperti itu harus digunakan untuk memperoleh data komposisi jenis yang hampir lengkap dari komunitas keseluruhan. Tentu saja dalam tegakan hutan hujan seperti itu, upaya ini adalah pekerjaan yang berat.



**Gambar 5.3** Kurva jenis-area untuk beberapa lokasi di Brunei (digambar- ulang dengan modifikasi dari Ashton 1965:236).

### **5.3 CONTOH SEBUAH ANALISIS RELEVÉ**

Setelah ukuran releve atau cuplikan vegetasi ditetapkan, kemudian dibuat daftar semua jenis yang ada. Pengetahuan flora dan koleksi yang bagus spesimen tumbuhan semua jenis (yang tidak dapat segera diidentifikasi) merupakan persyaratan yang harus dipenuhi untuk penelitian ini. Bergantung kepada tujuan studi dan masalah yang dipertanyakan, daftar jenis dapat dilengkapi dengan informasi yang cermat tentang kondisi kuantitatif, status perkembangan tumbuhan, atau sifat-sifat lain jenis yang dapat ditentukan dengan mudah di lapangan.

Selanjutnya, pertelaan habitat dan profil tanah dapat ditambahkan. Jangan dilupakan tanggal analisis dan pertelaan yang teliti tentang lokasi. Sketsa peta akan memudahkan pencarian kembali petak cuplikan jika analisis ini direncanakan untuk diulang.

Sebagai contoh akan diuraikan analisis sebuah tegakan hutan (Tabel 5.2). Analisis dimulai dengan menuliskan nomor releve (yang digunakan juga untuk menandai lokasi releve pada sebuah peta skala 1:24.000 atau yang serupa), tanggal, catatan tentang wilayah geografi, lokasi secara umum, lokasi secara rinci, dsb., ukuran dan posisi tempat yang dicuplik. Komunitas hendaknya diberi nama struktural dan nama sementara menurut komposisi floristik yang memertelakan komposisi jenis yang menonjol. Beberapa catatan umum tentang kondisi penutupan tumbuhan, terutama tentang stratifikasi vertikal, menjadi lapisan-lapisan dengan tinggi berbeda atau menurut kelompok bentuk-hidup dan persentase penutupan direkam juga dalam pembuka kata lembar catatan lapangan.

#### **5.3.1 KUANTITAS JENIS DAN STRATIFIKASI**

Hanya sebuah daftar jenis biasanya tidak memuaskan untuk menggambarkan karakteristik khusus suatu segmen penutup vegetasi. Oleh karena itu, daftar diperkuat dengan catatan tentang kuantitas setiap jenis. Aspek lain yang sering bermanfaat untuk dicatat adalah karakteristik tertentu dari pemencaran jenis dan struktur morfologi. Informasi tentang fenologi juga dapat dicatat dengan mudah (lihat Bab 8). Struktur komunitas harus dipertelakan dalam bentuk stratifikasi atau pelapisan menjadi strata tinggi (jika tampak) dan jangkauan penutup setiap lapisan harus ditaksir dengan persentase luas cuplikan. Strata tinggi jenis

## Analisis Vegetasi di Lapangan

hendaknya dicatat segera, sehingga memungkinkan pencatatan urutan yang sederhana. Pengurutan daftar jenis lebih lanjut akan mempersulit analisis.

Tidak ada batas tinggi dapat dibuat sebelumnya bagi setiap lapisan komunitas, karena ini bergantung kepada struktur komunitas itu sendiri. Meskipun demikian, untuk mudahnya umumnya batas-batas tinggi tertentu dalam komunitas hutan dapat dibuat sebagai berikut:

1. Po = Lapisan pohon, sembarang tumbuhan dengan tinggi lebih dari 5 m. Dalam hutan tinggi, lapisan ini biasanya dibagi lagi menjadi 2, 3, atau bahkan 4 lapisan dengan tinggi yang menurun (Po1, Po 2, dst.).
2. Pe = Lapisan perdu, tumbuhan dengan tinggi antara 50 cm dan 5 m, atau 30 cm dan 5 m. Pembagian biasanya dibuat pada ketinggian 2 atau 3 m. Misalnya, lapisan Pe1 dibuat pada tinggi 2 sampai 5 m, dan lapisan Pe2 dari 30 cm (atau 50 cm) sampai 2 m.
3. Te = Lapisan terna, tumbuhan dengan tinggi dari < 30 cm (atau 50 cm) sampai 1 m. Pembagian seperti pada lapisan pohon dan perdu sering kali bermanfaat. Misalnya Te1 sebagai lapisan terna dengan tinggi > 30 cm, Te2 sebagai terna dengan tinggi menengah dari 10 hingga 30 cm, Te3 sebagai lapisan terna rendah dengan tinggi < 10 cm.
4. Lu – Lapisan lumut dan lumut kerak. Ini biasanya digunakan untuk lapisan yang menempel seperti permadani pada tanah dengan tinggi 5 atau 10 cm. Bila perlu lapisan ini dapat dibagi menjadi lapisan Lu pada tanah mineral gundul, lapisan Lu pada humus, lapisan Lu pada kayu yang melapuk, lapisan Lu pada batu atau batuan terbuka. Ini juga membawa kita kepada pengenalan satu atau beberapa lapisan epifit (Ep), tumbuhan yang menempel tetapi tidak sebagai parasit pada tumbuhan lain, misalnya lumut pada tunggul pohon dan batang.

Kompromi sering kali harus dibuat apakah mau menekankan pada stratifikasi tinggi atau bentuk-hidup. Misalnya, dalam suatu tegakan dengan lapisan lumut yang nyata (Lu) harus diputuskan apakah terna kecil dan semai dimasukkan ke dalam lapisan Lu atau dikenal sebagai lapisan tumbuhan berpembuluh rendah (Te) dengan tinggi < 10 cm. Ini mungkin pada mulanya menimbulkan kesukaran, tetapi masalah dapat diselesaikan dengan keputusan yang disesuaikan dengan kondisi.

Jenis dicatat menurut kelompok tinggi strata atau bentuk-hidup dalam urutan ketika terlihat. Dapat juga jenis dicatat segera menurut urutan tertentu, misalnya menurut urutan kelimpahan yang menurun, tetapi biasanya cara

## Pencuplikan Komunitas: Metode Relevé

ini mengambil waktu lebih banyak dan menambah bahaya melewatkan jenis tertentu. Perlu ditekankan bahwa persyaratan utama dalam metode releve ini adalah sebuah daftar semua jenis yang ada, sedangkan kuantitas jenis sifatnya sekunder.

**Tabel 5.2** Contoh sebuah analisis releve dalam hutan tropik kepulauan dekat Honolulu, Hawaii.

---

**Releve # 11; 4 Maret 1972**

LOKASI:	Tantalus Mountain dalam hutan hujan, Honolulu, Hawaii. Sepanjang jalan setapak menuju Dataran Pauoa pada elevasi 450 m (1.480 kaki), 160 m sebelum tegakan tanaman <i>Eucalyptus</i> di Dataran Pauoa.
KOMUNITAS:	Hutan hujan pegunungan bawah berperawakan rendah dengan pohon mencuat, yang tersebar, yaitu <i>Acacia koa</i> dengan tinggi sampai 10 m  Hutan <i>Acacia koa</i> – <i>Metrosideros</i> – <i>Psidium</i> dengan beberapa pakis pohon ( <i>Cibotium splendens</i> ) dan rumput <i>Oplismenus</i> sebagai tumbuhan bawah.
POSISI:	Aspek U 50 B, lereng 21%, elevasi 420 m (1.380 kaki)
UKURAN RELEVE:	10 x 20 m (200 m <sup>2</sup> ), bagian yang 20 m ke arah atas lereng.
STRATIFIKASI:	Po (pohon) - <i>Acacia koa</i> tersebar, tinggi 5–10 m, penutup 40%. Pe (Perdu) 1 - Tumbuhan berkayu, tinggi 2–5 m, penutup 80%. Pe 2 - Tumbuhan berkayu, tinggi 0.3–2 m, penutup 10% Te (Terna)-tumbuhan terna, sebagian besar dengan tinggi sampai 30 cm, penutup 95%.
CATATAN:	Tegakan ini terdiri atas pohon asli ( <i>Acacia</i> , <i>Metrosideros</i> ) dan sebagian tumbuhan yang tidak sengaja diintroduksi, pohon eksotik ( <i>Psidium</i> , <i>Citharexylum</i> ). Semua pohon <i>Metrosideros</i> dan <i>Psidium</i> berbatang banyak, bercabang dekat pangkal batang. Permudaan <i>Psidium</i> seluruhnya vegetatif dari tunas akar dekat pangkal batang pohon tua. Permudaan <i>Citharexylum</i> dari biji.

---

## Analisis Vegetasi di Lapangan

**Tabel 5.2** (lanjutan). Daftar Jenis Menurut Strata (Lapisan) dengan Angka Penilaian Braun-Blanquet di Muka Nama:

Simbol Strata	Simbol Angka Penilaian Braun-Blanquet <sup>a</sup>	Jenis Tumbuhan
Po	3	<i>Acacia koa</i> <sup>b</sup>
	1	<i>Metrosideros collina</i> subsp. <i>polymorpha</i> <sup>b</sup>
	+	<i>Psidium guajava</i>
	1	<i>Metrosideros tremuloides</i> <sup>b</sup>
Pe1	+	<i>Metrosideros collina</i> subsp. <i>polymorpha</i> <sup>b</sup>
	+	<i>Cytharexylum caudatum</i>
	4	<i>Psidium guajava</i>
Pe2	+	<i>Cordylin terminalis</i>
	1	<i>Cibotium splendens</i> <sup>b</sup>
	1	<i>Cytharexylum caudatum</i>
	+	<i>Psidium guajava</i>
	r	<i>Sadleria</i> sp. <sup>b</sup>
Te	1	<i>Rubus rosaefolius</i>
	4	<i>Oplismenus hirtellus</i>
	2	<i>Commelina diffusa</i>
	1	<i>Setaria palmifolia</i>
	+	<i>Nephrolepis hirsutula</i>
	1	<i>Microlepia setosa</i> <sup>b</sup>
	+	<i>Athyrium proliferum</i>
r	<i>Asplenium falcatum</i>	

TANAH: Dangkal (50-70 cm), tanah hutan hujan (*Hydrol Humic Latosol* atau *Oxisol*) dengan beberapa batu yang mencuat ke permukaan.

<sup>a</sup> Untuk penjelasan lihat Bab 5.4.2.1

<sup>b</sup> Tumbuhan asli

Bermanfaat juga menyisihkan ruang di muka nama jenis dalam daftar untuk catatan mengenai kelimpahan. Dengan mencatat jenis dalam baris terpisah memudahkan pengenalan nama kemudian. Metode untuk menaksir kuantitas akan dibahas dalam Bab 5.4–5.4.3.

Catatan mengenai habitat dan pertelaan tentang profil tanah sering kali ditulis pada bagian belakang lembaran catatan. Ini sangat praktis bila kita menggunakan papan pemegang lembar lepas untuk data. Lembar lepas memudahkan pemilahan catatan lapangan kemudian.

Komunitas tumbuhan lain, seperti kerangas (*heath*), padang rumput, rawa, dsb. dianalisis dengan cara yang sama. Meskipun demikian, komentar dan catatan mengenai sifat-sifat habitat dimodifikasi sesuai dengan situasi dan tujuan berbeda dari analisis.

### **5.3.2 BAGIAN INFORMASI YANG POKOK**

Rekaman releve dapat disingkat sehingga selalu menunjukkan tiga bagian informasi dasar, yaitu (a) geografi dan fisiografi, (b) daftar jenis dengan informasi mengenai kuantitas setiap jenis dan kedudukannya dalam berbagai lapisan, serta (c) informasi tentang tanah dan catatan khusus. Tentu saja rekaman releve dapat diperluas dan dibuat sistematis lebih jauh. Rekaman releve dapat mencakup informasi yang terperinci mengenai pengukuran kuantitatif, pencatatan bentuk-hidup tumbuhan dan struktur-ukuran populasi, dan studi tentang fungsinya. Selanjutnya analisis mendalam tentang lingkungan dapat ditambahkan juga. Tetapi, tersedianya sebuah daftar jenis tumbuhan, paling tidak tumbuhan tinggi yang terdapat dalam tegakan cuplikan, merupakan suatu keharusan.

Curtis (1955; Curtis & Greene 1949) menamakan tipe analisis ini metode kehadiran-jenis, tetapi ia lebih menyenangi membuat daftar jenis dari lokasi acak yang mencakup sebanyak mungkin tegakan cuplikan dalam segmen vegetasi hutan yang luas, paling tidak 6 hektare, atau segmen yang luas dari vegetasi prairie (*prairie*). Namun, suatu cuplikan yang luas seperti itu sudah pasti heterogen dan karenanya tidak dapat digunakan untuk tujuan yang sama seperti metode releve yang diuraikan di atas. Banyak releve seperti itu (seperti pada Tabel 5.2) diletakkan pada segmen vegetasi yang telah dibedakan serta pada himpunan tumbuhan yang berulang dan serupa.

### **5.3.3 RINCIAN SELANJUTNYA UNTUK PENELAAHAN LENGKAP**

Contoh yang baik mengenai perluasan sistematis informasi ekologi yang penting adalah formulir rekaman petak atau releve yang diterbitkan Krajina, Orloci & Brooke (1962). Satu formulir rekaman menyediakan ruang untuk informasi khusus mengenai lokasi geografi dan topografi dan ruang untuk rincian mengenai



stratifikasi vertikal dengan ruang untuk taksiran persentase penutup setiap lapis. Dimasukkan juga taksiran permukaan tanah dalam persentase untuk humus, batuan dan tanah mineral yang terbuka, serta kayu yang melapuk. Sebuah formulir terpisah disediakan untuk ciri-ciri habitat penting, seperti posisi dalam bentuk lahan, identifikasi tipe tanah, air tanah, dan drainase. Sebuah formulir lain menyediakan bagan untuk pertelaan profil tanah yang sangat rinci. Formulir daftar tumbuhan, yang terdiri atas beberapa halaman dengan pembagian strata, menyediakan kolom-kolom untuk pencatatan fenologi, bentuk-hidup dan sifat-sifat fungsional. Formulir selanjutnya disediakan untuk data rinci pengukuran pohon dan untuk analisis laboratorium berikutnya dari sifat-sifat fisik dan kimia tanah serta untuk penelitian iklim mikro atau ekoklimatologi.

Bagan seperti itu menyarankan analisis releve yang sangat lengkap. Tetapi informasi tersebut dapat diperoleh dalam beberapa fase. Contoh releve dalam Tabel 5.2 adalah fase pertama yang telah diselesaikan dari suatu penelitian yang menghasilkan pertelaan yang cermat. Lebih banyak releve harus dibuat untuk dapat sampai kepada klasifikasi regional vegetasi yang terdokumentasi dengan baik. Metode releve telah diinterpretasikan juga oleh Benninghoff (1966).

### 5.4 PENAKSIRAN KUANTITAS JENIS

Taksiran yang relatif kasar mengenai kuantitas jenis memuaskan bagi berbagai tujuan pertelaan vegetasi. Pada masa lalu setiap geografiwan dan ekologiwan menggunakan metode sendiri. Oleh karena itu, hasil studi para peneliti masa lalu sukar untuk dibandingkan (lihat misalnya perbandingan yang disarikan dari Du Rietz 1921; Rübel 1922; Clements 1928; Braun-Blanquet 1932; dan Becking 1957).

#### 5.4.1 ISTILAH NILAI RELATIF

Istilah nilai relatif yang diberikan kepada setiap jenis bermanfaat secara umum. Pembagian menjadi lima kelas sering dipakai oleh ekologiwan masa lalu (Kershaw 1964). Berikut adalah parameter menurut urutan nilai yang menurun: **dominan** (*dominant*), **melimpah** (*abundant*), **sering** (*frequent*), **kadang-kadang** (*occasional*), dan **langka** (*rare*). Sejalan dengan waktu, tiga istilah pertama telah memperoleh arti spesifik. Sekarang istilah dominan hanya akan berarti bila dilengkapi dengan sebuah definisi. Dominan dapat berarti dominan dalam ketinggian (pengertian yang digunakan rimbawan), dominan dalam penutup tajuk (pengertian yang

biasanya dalam bentuk kombinasi skala), dominan dalam **area dasar** (*basal area*) [pengertian yang digunakan ajaran (*school of*) Wisconsin], atau dominan dalam jumlah. Istilah **kelimpahan** (*abundance*) mempunyai arti sama dengan jumlah individu per jenis atau **kerapatan** (*density*). Tetapi, bila kita menggunakan istilah kelimpahan, yang dimaksud adalah jumlah taksiran, sedangkan kerapatan diartikan jumlah individu sebenarnya. Frekuensi mempunyai definisi khusus dan merujuk kepada berapa kali sebuah jenis ditemukan di dalam jumlah cuplikan, kuadrat atau **titik cuplikan** (*sample point*) yang telah ditentukan.

Sekarang besar nilai yang disebutkan di atas dapat diganti dengan istilah yang lebih berarti (misalnya sangat langka, kadang-kadang, melimpah, dan sangat melimpah) atau dengan **nilai kode** (*code value*). Meskipun demikian, ini semua masih relatif karena hanya nilai terkait yang satu terhadap yang lain dan bukan terhadap area rujukan yang telah ditentukan.

#### 5.4.2 NILAI SKALA ABSOLUT

Braun-Blanquet membuat kontribusi yang utama dalam pemilihan, penyederhanaan dan modifikasi sebuah sistem untuk analisis yang secara meyakinkan sederhana tetapi tidak dangkal. Sistem ini diterima baik oleh para peneliti dan terbukti bermanfaat di area yang mengandung jumlah jenis yang tinggi. Metode ini hanya memerlukan waktu sedikit untuk menganalisis sebuah releve dan dapat digunakan untuk semua komunitas tumbuhan yang terdiri atas tumbuhan tinggi dan untuk sebagian besar komunitas lumut dan lumut kerak. Oleh karena itu, metode ini sangat berguna bukan hanya untuk karya monografi mintakat-mintakat vegetasi melainkan juga untuk sebuah tipe komunitas yang ditelaah di seluruh kisaran sebarannya.

Agar dapat diperbandingkan hendaknya kita tidak menyimpang dari metode ini, kalau tidak perlu, meskipun kita tidak berniat untuk mengolah data selanjutnya menurut teknik tabel sintesis Braun-Blanquet (Bab 9).

##### 5.4.2.1 Skala Penutup-Kelimpahan Braun-Blanquet

Skala nilai Braun-Blanquet berikut adalah absolut karena nilai-nilai yang terkait dengan sebuah **area acuan** (*reference area*), yang ditentukan oleh ukuran releve:

- 5 - Sembarang jumlah, dengan penutup lebih dari  $3/4$  area acuan ( $> 75\%$ )
- 4 - Sembarang jumlah, dengan penutup  $1/2-3/4$  (50-75%)
- 3 - Sembarang jumlah, dengan penutup  $1/4-1/2$  (25-50%)
- 2 - Sembarang jumlah, dengan penutup  $1/20-1/4$  (5-25%)

## Analisis Vegetasi di Lapangan

- 1 - Banyak sekali, tetapi penutup kurang dari 1/20, atau tersebar, dengan penutup sampai 1/20 (5%)
- + - (dibaca silang) beberapa, dengan penutup kecil
- r – soliter (*solitary*), dengan penutup kecil

Gagasan penggunaan nilai skala diberikan dalam Gambar 5.4. Taksiran diberikan secara independen kepada setiap jenis.

Nilai empat skala di atas (5, 4, 3, 2) mengacu hanya kepada penutup, yang diartikan sebagai proyeksi vertikal dari tajuk atau area **taruk** (*shoot*) dalam petak. Tiga skala di bawah adalah terutama taksiran kelimpahan, yaitu jumlah individu per jenis. Oleh karena itu, skala ini sering disebut skala taksiran gabungan. Kombinasi dua parameter menjadi satu skala merupakan perbaikan dari taksiran terpisah untuk kelimpahan dan penutup. Penutup dapat ditaksir secara lebih teliti hanya untuk jenis yang menyumbangkan secara signifikan kepada biomassa komunitas. Penutup dapat dinyatakan dengan pecahan atau persentase dari area acuan. Biasanya penutup lebih kecil ketimbang **area daun** (*leaf area*), karena daun sering bertumpang tindih. Semula Braun-Blanquet hanya menggunakan lima nilai, tetapi kemudian skala diperlebar menjadi tujuh dengan mengembangkan skala di kelas bawah.

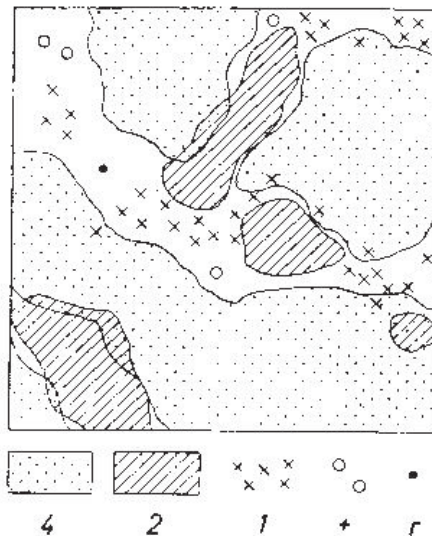
Taksiran kombinasi kelimpahan dan penutup kemudian disebut **besaran jenis** (*species magnitude, Artmachtigkeit*) oleh Braun-Blanquet (1965) mengikuti Schwickerath (1940). Krajina (1960) menyebutnya **kepentingan jenis** (*species significance*). Metode taksiran ini dapat dipelajari dengan mudah bila kita membuat klarifikasi kisaran dan arti setiap nilai skala.

Dalam literatur, metode ini sering disebut sebagai metode semi-kuantitatif, karena interval lebar antara nilai skala yang sifatnya hampir kuantitatif

Kita boleh saja mengatakan bahwa metode ini agak kasar dan tidak memerlukan pengukuran, tetapi taksiran dalam berbagai vegetasi tidak dapat dibuat dengan skala lebih halus. Pengukuran selalu memerlukan waktu lebih banyak. Karena komunitas tumbuhan bervariasi sekali dari satu tempat ke tempat lain, tampaknya akan lebih bermanfaat untuk klasifikasi atau ordinasi komunitas bila beberapa tegakan cuplikan tipe komunitas yang sama dianalisis dengan membuat taksiran kuantitas jenis ketimbang dengan analisis kuantitatif secara rinci hanya satu releve.

Pada waktu pembuatan daftar jenis tumbuhan, peneliti berjalan beberapa kali ke setiap bagian releve. Nilai kuantitatif umum akan tampak selama

pencatatan jenis tersebut. Setelah semua jenis dicatat, peneliti berjalan ke tengah releve atau ke lokasi di mana ia dapat melihat keseluruhan himpunan tumbuhan dalam releve. Dari lokasi ini ia menentukan nilai penutup-kelimpahan untuk setiap jenis, dengan memasukkan juga apa yang dilihat sewaktu membuat daftar. Penilaian ini harus dilakukan untuk seluruh bagian releve. Sangat membantu bila nilai skala itu ditulis pada jilid buku lapangan, karena sangat penting membuat klarifikasi arti skala setiap kali digunakan. Prosedur untuk setiap jenis pada daftar adalah bertanya apakah jenis menutup lebih dari 50% atau kurang dari 50% dari area? Jika penutup lebih dari 50%, pertanyaan berikutnya adalah apakah jenis menutup lebih dari 75% atau kurang dari 75%? Jika lebih dari 75%, nilai skalanya adalah 4. Demikian pula bila jenis menutup kurang dari 50% dari area, pertanyaan berikutnya adalah apakah jenis menutup lebih dari 25% atau kurang dari 25%? Jika kurang dari 25% ada dua alternatif, yaitu penutup lebih dari 5% atau kurang dari 5%. Area ini dapat digambarkan secara visual dalam releve seluas 200 m<sup>2</sup> sebagai area seluas 10 m<sup>2</sup>, yang ke dalamnya kita dapat memfokuskan dalam pikiran jenis yang mungkin tersebar dalam releve 200 m<sup>2</sup>. Sebuah jenis dengan penutup kurang dari 5% dapat diberi nilai 1 atau + (tanda silang). Jika penutup kurang dari 1% (atau 2 m<sup>2</sup> dalam releve 200 m<sup>2</sup>), jenis diberi nilai +. Jika benar-benar hanya terlihat satu kali dalam releve, jenis diberi nilai r untuk



**Gambar 5.4** Penyajian skematik kombinasi nilai taksiran untuk penutup dan kelimpahan (4, 2, 1, + dan r) menurut skala Braun-Blanquet.

status langka atau soliter dalam releve. Jenis yang terdapat di luar releve tetapi tidak terdapat di dalam releve harus dicatat juga, dan dalam hal ini diberi nilai skala dalam kurung.

Penilaian ini secara kuantitatif kasar, tetapi bila diterapkan dengan tepat dan teliti, penilaian ini tidak dangkal. Pada batas sebuah kisaran nilai skala, bahkan peneliti yang berpengalaman dapat saja memilih simbol penilaian dengan skala tinggi atau rendah. Ini berarti bahwa kesalahan oleh satu nilai skala mudah terjadi pada kasus-kasus antara. Tetapi, karena metode releve ini dimaksudkan untuk memertelakan variasi floristik menurut ruang dari vegetasi regional, penekanan diberikan kepada jumlah releve lebih banyak dengan taksiran semikuantitatif ketimbang sedikit cuplikan vegetasi dengan pengukuran kuantitas jenis yang saksama.

Barangkali metode yang lebih cermat, tetapi memerlukan lebih banyak waktu, adalah metode yang dimodifikasi untuk menaksir penutup tumbuhan terna dengan sejumlah kotak-kotak kecil (Daubenmire 1968) serta untuk perdu dan pohon dalam subpetak lebih besar dibatasi secara tepat dengan tali. Unit seluas satu meter persegi cukup baik untuk berbagai macam lapisan terna. Dalam hal ini, nilai penutup jenis dalam setiap kotak dapat ditaksir langsung dalam persen. Dengan cara ini nilai rata-rata dapat dihitung. Metode ini dapat digunakan untuk memeriksa penilaian taksiran yang dibuat untuk area total petak. Penghalusan lebih lanjut dari metode mendekati pengukuran penutup, (Bab 6.5) bukan lagi taksiran penutup.

### ***5.4.2.2 Skala Penutup-Kelimpahan Domin-Krajina***

Krajina (1933) memperkenalkan skala yang agak lebih rinci (semula dikembangkan oleh Domin), yang telah diterapkan dengan sukses dalam berbagai studi dalam komunitas hutan di British Columbia selama 20 tahun (Krajina 1969), dan juga misalnya oleh Kershaw (1968). Ada keuntungannya bila diterapkan dalam komunitas hutan dengan perbedaan dalam kelimpahan di antara jenis langka sering tampak nyata. Nilai skala ditunjukkan dalam tabel. Dalam komunitas terna yang kaya akan jenis, kesalahan taksiran akan lebih mungkin terjadi bila interval skala lebih kecil ketimbang interval skala Braun-Blanquet yang kasar. Skala Domin-Krajina dapat dengan mudah dikonversikan ke skala Braun-Blanquet, tetapi sebaliknya tidak mungkin sama sekali, seperti hubungannya ditunjukkan dalam dua skala tersebut.

## Pencuplikan Komunitas: Metode Relevé

Braun-Blanquet:	Domin-Krajina	PENUTUP %
5	{ 10 Sembarang jumlah, dengan penutup penuh 9 Sembarang jumlah, dengan penutup lebih dari $\frac{3}{4}$ tetapi kurang dari penutup penuh	$\approx 100$
4		8 Sembarang jumlah, dengan penutup $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$
3	{ 7 Sembarang jumlah, dengan penutup $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ 6 Sembarang jumlah, dengan Penutup $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$	33-50
2		5 Sembarang jumlah, dengan Penutup $\frac{1}{10}$ - $\frac{1}{4}$ 4 Sembarang jumlah, dengan penutup $\frac{1}{20}$ - $\frac{1}{10}$
1	{ 3 Sembarang jumlah, dengan penutup kurang dari $\frac{1}{20}$ 2 Sangat menyebarkan, dengan penutup kecil	1-5
+		1 kadang-kadang, dengan penutup tidak signifikan
r	+ soliter, dengan penutup tidak signifikan	

### 5.4.2.3 Skala Penutup Daubenmire

Daubenmire (1959; 1968) lebih menyukai taksiran hanya penutup menurut skala sebagai berikut:

KELAS PENUTUP	KISARAN PENUTUP (%)	KELAS TITIK TENGAH (%)
6	95-100	97,5
5	75-95	85
4	50-75	62,5
3	15-50	37,5
2	5-25	15
1	0-5	2,5

Nilai 1 sampai 4 persis sama dengan nilai Braun-Blanquet, kecuali r dan + yang dimasukkan ke dalam kelas penutup 1 Daubenmire. Dua nilai teratas dalam skala penutup Daubenmire adalah ekuivalen dua nilai teratas dalam skala Domin-Krajina.

Skala Daubenmire dimodifikasi oleh Bailey & Poulton (1968), yang memecah skala penutup 0-5 menjadi dua kelas, satu untuk kisaran 0–1% (titik tengah 0.5%) dan satunya lagi untuk kisaran 1–5%, dengan titik tengah 3%). Pemecahan ini analog dengan + dan 1 skala Braun-Blanquet.

Mungkin kita bertanya kenapa kebanyakan skala menunjukkan interval kelas yang tidak sama. Alasannya adalah segi praktis. Nilai skala terpilih memungkinkan untuk menaksir lebih mudah hubungan jenis-penutup dan area ketimbang skala penutup dengan interval sama. Selain itu, jenis yang kurang melimpah atau jenis dengan penutup rendah kadang-kadang mempunyai nilai diagnostik penting, yang memerlukan skala lebih halus pada nilai terbawah dibandingkan dengan nilai skala besar.

### 5.4.3 PENAKSIRAN BIOMASSA DENGAN PEMISAHAN DALAM KOMUNITAS RUMPUT

Metode taksiran Klapp (1929, 714; bandingkan juga Wacker 1943) dapat digunakan untuk komunitas rumput, dan didasarkan kepada banyaknya taruk (*shoot*) bobot kering seperti ditaksir dari bobot basah di lapangan. Metode ini memberi kesempatan untuk evaluasi kuantitatif yang lebih lengkap ketimbang skala Braun-Blanquet karena ini berkaitan dengan biomassa, bukan penutup. Metode ini telah diterapkan dalam penelitian padang penggembalaan dan tegakan rumput tinggi untuk nilai pakannya. Metode ini juga bermanfaat untuk penelitian dasar karena dapat menunjukkan tentang hubungan kompetitif antarjenis yang bagus. Metode ini dikembangkan berdasarkan taksiran bobot setiap jenis yang dinyatakan dalam persen total biomassa. Cara ini menggantikan teknik terdahulu yang berdasarkan penentuan bobot biomassa untuk setiap jenis secara terpisah.

Meskipun demikian, ketelitian yang lebih tinggi tidak akan pernah dicapai hanya dengan taksiran. Harus disadari bahwa dalam metode ini kesalahan pribadi (*personal error*) dapat mencapai seperempat dari persentase yang ditaksir, tetapi ketelitian yang cukup untuk tujuan praktis dapat dicapai dengan menggunakan pendekatan berikut.

Pada permulaan, **biomassa tegak** (*standing biomass*) total per m<sup>2</sup> (dengan pemeriksaan bobot) ditaksir. Kemudian dua kelompok utama yang menonjol dipisahkan, yaitu rumput-rumputan (termasuk tumbuhan yang serupa rumput) dan **terna daun lebar** (*forbs*, termasuk kacang-kacangan). Kelompok ini ditaksir dalam kaitan satu terhadap yang lain (juga pada permulaan diperiksa bobotnya).

Dalam contoh yang ditunjukkan dalam Tabel 9.1 perbandingan antara kelompok ini mungkin lebih besar dari 75:25, tetapi lebih kecil dari 90:10, dan barangkali benar bila ditaksir 85:15. Selanjutnya dua kelompok utama ini dibagi lagi dengan cara yang sama. Dalam hal ini, kacang-kacangan ditaksir paling banyak 1/10 dari jenis bukan rumput, karena itu hanya sekitar 1% dari total material tumbuhan. Teki-teki hanya merupakan sebagian kecil saja dari tumbuhan mirip rumput. Massanya tampak sekitar dua kali massa kacang-kacangan dan dapat ditaksir sekitar 2%. Oleh karena itu, persentase berikut dapat diperoleh (nilai ekstrem, yang ditunjukkan dalam kurung, adalah taksiran yang dibuat orang-orang yang tidak berpengalaman)'):

<b>Rumput</b>	<b>83</b>	<b>(75–90%)</b>
<b>Teki-teki</b>	<b>2</b>	<b>(1–5%)</b>
<b>Kacang-kacangan</b>	<b>1</b>	<b>(+ - 2%)</b>
<b>Terna lain</b>	<b>14</b>	<b>(10–22%)</b>

Berbagai jenis lain yang dicatat terpisah dalam daftar kemudian ditaksir di dalam kelompok berdasarkan persentase yang tersisa. Di sini jenis “langka” yang mungkin menyumbang kurang dari 1% dikeluarkan lebih dulu dengan memberi tanda +. Jenis yang tersisa kemudian dievaluasi menurut urutan nilainya. Pemula biasanya harus mengubah angka-angka beberapa kali sebelum Gambaran yang pantas dari bobot kering diperoleh. Kadang-kadang koreksi taksiran awal diperlukan.

Tentu saja metode ini memerlukan lebih banyak pengalaman ketimbang teknik taksiran nilai jenis menurut Braun-Blanquet dan juga memerlukan waktu empat kali lebih banyak. Selanjutnya metode ini hanya dapat dikuasai bila pemeriksaan bobot sering dilakukan atau diperiksa oleh peneliti berpengalaman. Meskipun demikian, metode ini sangat populer dan telah diterapkan dalam penelitian padang rumput di Eropa Tengah. Oleh karena itu, kita bahas secara rinci di sini.

#### 5.4.4 PENAKSIRAN VITALITAS DAN GEGAS

Ketika kita membuat taksiran persentase penutup-kelimpahan atau biomassa kadang-kadang kita melihat jenis dengan pertumbuhan yang terhambat,

---

\* Pemeriksaan bobot kering di udara menghasilkan nilai-nilai berikut: 85.4 : 1,8 : 1,3 : 11,5%.



sementara yang lain tumbuh dengan baik (pertumbuhan tidak baik dan baik jika dibandingkan dengan pertumbuhan pada jenis yang sama di lokasi lain). Pengamatan seperti itu harus dicatat, meskipun kita tidak ingin memberi kategori yang rinci tentang kapasitas pertumbuhan seperti disarankan oleh Zoller (1954). Catatan seperti itu memberi informasi tentang status kompetitif suatu jenis dalam komunitas. Catatan tersebut dapat juga menunjukkan kecenderungan perkembangan jenis dalam sebuah komunitas dibandingkan dengan jenis tersebut dalam komunitas lain.

Mengikuti saran Braun-Blanquet, vitalitas dapat ditunjukkan dengan menambahkan indeks kepada nilai jenis, asalkan **gegas** (*vigor*) itu jauh menyimpang dari keadaan normal. Berikut adalah tanda-tanda yang disarankan:

- ○ **sangat lemah dan tidak pernah berbunga (misalnya, +<sup>00</sup> atau 2<sup>00</sup>)**
- **lemah (misalnya, 1<sup>0</sup>)**  
**tidak ada tanda: normal**
- \* **gegasnya luar biasa (misalnya, 3\*)**

#### 5.4.5 PENAKSIRAN SOSIABILITAS DAN SEBARAN

Dua jenis dengan nilai penutup-kelimpahan yang sama dapat mempunyai sebaran yang berbeda. Misalnya *Crepis biennis* biasanya tumbuh soliter, *Deschampsia caespitosa* dalam rumpun dan *Phragmites australis* membentuk tegakan yang luas. Braun-Blanquet membuat skala dengan lima nilai untuk menunjukkan derajat sebaran atau sosiabilitas. Nilai ini ditambahkan kepada nilai penutup-kelimpahan (biasanya dipisahkan dengan titik, misalnya 3•1, yang berarti jenis mempunyai nilai penutup 25–50% dari area, tetapi tumbuhan tumbuh soliter atau menyendiri).

- 5 = **tumbuh sebagai populasi hampir murni dalam tegakan luas**
- 4 = **tumbuh dalam koloni-koloni kecil atau membentuk permadani yang lebih luas.**
- 3 = **membentuk bercak-bercak atau bantal-bantal kecil**
- 1 = **tumbuh soliter**

Ternyata sosiabilitas merupakan karakter khas suatu jenis, sehingga dalam kondisi normal tidak perlu dicatat. Akhir-akhir ini indeks sosiabilitas tidak pernah

## Pencuplikan Komunitas: Metode Relevé

dipakai lagi dengan alasan seperti di atas dan juga agar tabel mudah dibaca serta menghemat ruang. Catatan sosiabilitas bermanfaat dan perlu bila sebaran jenis abnormal, meskipun sebenarnya tidak perlu karena nilai jenisnya juga rendah. Oleh karena itu, nilai jenis dan sosiabilitas sering dinyatakan dengan skala sama.

Juga jarak antara individu-individu suatu jenis merupakan ciri khas jenis. Misalnya, *Androsace helvetica* selalu membentuk bantal, sedangkan *Phragmites* biasanya terdapat dalam tegakan-tegakan lepas, yang memungkinkan jenis lain tumbuh di antara taruk-taruknya, paling tidak pada musim semi. Jika kita ingin mencatat pertumbuhan yang sangat lebat, indeks skala sosiabilitas dapat digarisbawahi (misalnya 3). Sebaran dengan jarak yang tidak normal dapat ditandai dengan sebuah garis titik-titik (misalnya, 3).



# 6

## PENGUKURAN KUANTITAS JENIS

### 6.1 PARAMETER KUANTITATIF VEGETASI

Kuantitas penting yang dapat diukur dalam pencuplikan komunitas adalah:

1. Jumlah individu atau kerapatan (= kelimpahan)
2. Frekuensi, jumlah berapa kali sebuah jenis tercatat dalam sejumlah kuadrat kecil atau titik cuplikan yang telah ditentukan jumlahnya.
3. Penutup, baik area tajuk maupun taruk atau area dasar.

Selain itu, ada juga beberapa kuantitas yang dapat diukur, seperti tinggi, biomassa, dan diameter batang. Biomassa diukur dengan volume (misalnya survei kayu) atau diperoleh dengan memotong tumbuhan dan biasanya dinyatakan dalam **bobot segar** (*fresh weight*), **bobot kering** (*dry weight*), atau gram kalori per satuan luas. Banyak kriteria struktural bentuk-hidup juga dapat diukur, misalnya ukuran daun, ketebalan kulit pohon atau **pepagan** (*bark*), atau diameter cabang tahun mutakhir. Demikian juga parameter fungsional, seperti **kekanjangan daun** (*leaf persistence*), reproduksi vegetatif dan **toleransi terhadap naungan** (*shade-tolerance*) dapat dianalisis secara kuantitatif seperti telah ditunjukkan misalnya oleh Knights & Loucks (1969).

Yang sangat penting juga adalah parameter fisiologi, seperti laju transpirasi, **potensial air** (*water potential*), laju asimilasi, atau parameter produktivitas, seperti produksi serasah, produksi biji, **pertambahan diameter tahunan** (*annual diameter increment*), dsb. Pengukuran yang banyak digunakan dan terkait dengan penutup dan produktivitas adalah **indeks area-daun** (*leaf-area index*) (Walter 1971). Ini adalah perbandingan area-daun total dalam meter persegi (atau satuan area lain) sebuah individu, jenis, atau tegakan tumbuhan terhadap permukaan tanah yang dinyatakan dalam meter persegi (atau satuan area lain). Hanya satu muka daun yang digunakan untuk indeks area-daun.

Parameter-parameter tersebut dibahas dalam ekologi kuantitatif, tetapi biasanya diukur terutama untuk tujuan eksperimen, dan bukan untuk pertelaan. Untuk keperluan pertelaan vegetasi biasanya hanya digunakan tiga parameter yang disebut di atas.

## 6.2 PENGUKURAN KERAPATAN DALAM KUADRAT

Parameter ini menyangkut penghitungan individu per unit luas. Penghitungan biasanya dilakukan dalam kuadrat-kuadrat kecil yang diletakkan beberapa kali dalam sebuah komunitas. Kemudian jumlah individu per jenis dihitung untuk seluruh area yang dicuplik dengan kuadrat kecil dan hasilnya dinyatakan dengan kerapatan jenis per unit luas, seperti satu meter persegi, satu ekar (= 4046.85 m<sup>2</sup>) atau satu hektare (10.000 m<sup>2</sup>).

Penghitungan barangkali merupakan konsep analitik yang paling mudah dipahami, tetapi sering kali sukar diterapkan. Salah satu kesulitan adalah mengenal individu-individu pohon. Tumbuhan semusim berbatang tunggal dan pohon tidak jadi masalah, tetapi kesulitan terdapat pada semua bentuk-hidup lainnya. Dalam perdu yang melebar, terutama yang tumbuh berdekatan, sering kali sukar memutuskan di mana satu individu mulai dan yang lain berakhir. Masalah ini makin rumit pada **perdu merayap** atau *krummbolz*. Rumput-rumput **menandan** (*bunch-grass*) atau daun paku-pakuan **menjambul** (*tufted*) dan terna berbatang tunggal atau **berdesakan** (*caespitose*) biasanya dapat dihitung, terutama bila garis besar individunya tampak jelas. Tetapi, banyak terna **bertahunan** (*perennial*), seperti terna-terna berimpang atau **berselantar** (*stoloniferous*), hampir tidak dapat dihitung dengan tepat. Untuk rumput adakalanya akan membantu bila taruknya dipangkas dekat permukaan tanah. Batang-batangnya kemudian dapat dihitung dengan mudah, tetapi tetap saja ada kesulitan untuk memutuskan apakah batang mewakili sebuah individu tumbuhan atau batang atau cabang tegak yang tumbuh dari sebuah rimpang. Biasanya tidak mungkin untuk menghitung individu lumut dalam sebuah hamparan lumut.

Dalam kasus-kasus tersebut kita harus memutuskan apakah kita dapat benar-benar menghitung individu atau hanya bagian dari individu. Hal yang terakhir ini mempunyai arti kecil. Meskipun demikian, untuk tujuan eksperimen tertentu, jumlah taruk mungkin lebih penting ketimbang jumlah individu (Stebler & Schröter 1887; Spatz & Mueller-Dombois 1973). Penghitungan dalam bentuk apa pun dapat dibuat, yang kemudian memberi kesan ketelitian yang tinggi. Kecuali didukung dengan definisi yang tepat, penghitungan dapat

saja kurang teliti dibandingkan dengan taksiran visual kelimpahan. Oleh karena itu, penerapan cara penghitungan sebagai alat pencuplikan dibatasi oleh bentuk-hidup tumbuhan dan tata ruang antarindividu. Penghitungan yang teliti dalam situasi yang sedikit sulit memerlukan pengetahuan yang baik tentang bentuk-hidup tumbuhan (lihat Bab 8).

Kesulitan kedua adalah efek pinggir kuadrat. Batas kuadrat dapat melalui sebuah individu sehingga harus diputuskan apakah tumbuhan itu dihitung atau tidak. Masalah ini menjadi lebih besar bila vegetasi sangat rapat dan juga bila kuadratnya kecil. Semakin kecil kuadrat, semakin besar batas dalam kaitan dengan luas kuadrat sehingga akan sering sekali keputusan harus dibuat apakah tumbuhan dipinggir dimasukkan atau tidak. Di sini definisi yang sesukanya dapat membantu untuk mengurangi masalah, misalnya saja yang dihitung hanya tumbuhan yang berakar di dalam kuadrat, tetapi ini pun adakalanya sukar diputuskan.

Masalah batas ini dapat diselesaikan sampai titik tertentu dengan metode pengukuran **jarak tanpa petak** (*plotless distance measure*), seperti metode **pasangan acak** (*random pair*) dan metode **kuadran berpusat titik** (*point centered quarter*) (Bab 7). Tetapi, metode-metode ini hanya berlaku bagi tumbuhan berkayu yang tersebar secara acak.

Kesulitan ketiga adalah waktu yang diperlukan untuk menghitung individu terna dan perdu. Supaya waktu tidak terbuang, sebaiknya tujuan penelitian dibuat dengan jelas sebelumnya. Penghitungan mempunyai nilai khusus dalam studi perubahan suksesi atau perubahan yang disebabkan oleh perlakuan dalam eksperimen. Juga dalam membandingkan komunitas yang sangat mirip penghitungan individu dapat membukakan informasi penting. Untuk tujuan pertelaan biasa faktor waktu menjadi penghalang, karena hasil metode penghitungan tidak memberikan nilai lebih banyak ketimbang hasil yang diperoleh dengan metode taksiran kelimpahan yang tidak banyak memakan waktu.

### 6.2.1 PENGUKURAN KERAPATAN KUADRAT

Ukuran kuadrat harus dikaitkan dengan ukuran dan sebaran individu. Dalam petak-petak besar, individu yang banyak sekali per jenis tidak dapat dihitung dengan teliti, kecuali kalau petak-petak ini dibagi menjadi petak-petak kecil, atau individu-individu yang telah dicacah ditandai. Berapa individu (tanpa memandang jenis) yang harus dihitung dengan teliti dalam suatu kuadrat

sepenuhnya bergantung kepada pertimbangan peneliti. Oleh karena itu, ukuran kuadrat tidak terlalu penting. Tetapi, untuk analisis statistik perlu ada batasan-batasan tertentu (lihat diskusi tentang ukuran cuplikan, Bab 6.4).

Meskipun pertimbangan pribadi digunakan untuk menentukan ukuran yang cocok untuk kuadrat kerapatan, ukuran biasanya bervariasi dalam batas-batas untuk setiap strata tinggi. Biasanya ukuran kuadrat yang dipakai untuk lapisan pohon adalah 10 x 10 m; sedangkan kuadrat untuk semua tumbuhan bawah berkayu sampai tinggi 3 m adalah 4 x 4 m dan untuk lapisan terna adalah 1 x 1 m (Oosting 1956).

Kisaran ukuran yang menurun ini menyerupai ukuran area minimum yang dikemukakan dalam Bab 5.2. Ini karena tumbuhan kecil biasanya mengisi ruang lebih kecil daripada tumbuhan besar. Dua macam kuadrat tersebut digunakan untuk tujuan berbeda sama sekali; kuadrat area minimum untuk mencari kombinasi jenis yang representatif dan kuadrat kerapatan untuk memperoleh taksiran jumlah individu per satuan luas yang teliti.

### **6.2.2 BENTUK KUADRAT KERAPATAN**

Clapham (1932) dan lainnya (misalnya Bormann 1953) telah memperlihatkan bahwa bentuk kuadrat kerapatan juga berpengaruh terhadap ketelitian penghitungan. Petak berbentuk segi empat panjang lebih efisien ketimbang petak bujur sangkar atau petak berbentuk lingkaran karena umumnya tumbuhan dalam vegetasi cenderung mengelompok (Greig-Smith 1980).

Bormann (1953) menguatkan lebih jauh mengenai gejala ini. Ia menemukan bahwa pengurangan varian yang terkait dengan unit cuplikan berbentuk segi empat panjang dibandingkan dengan cuplikan berbentuk bujur sangkar hanya berlaku bila sumbu panjang petak segi empat panjang memotong tegak lurus vegetasi bermintakat. Posisi tegak lurus seperti itu tampaknya menambah variasi di dalam unit cuplikan tetapi mengurangi variasi antara cuplikan. Oleh karena itu, intensitas pencuplikan per unit cuplikan ditingkatkan dan variasi antara mereka dikurangi.

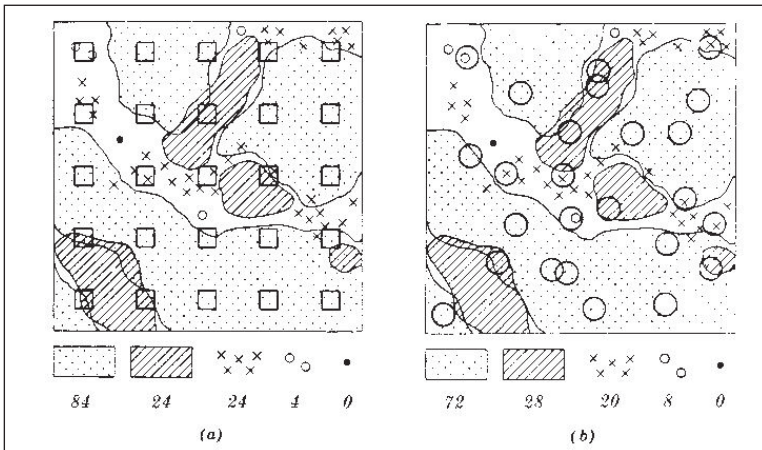
Observasi di atas tidak berlaku bagi petak area minimum, yang tujuannya hanya untuk mencuplik komposisi jenis yang hampir lengkap dari suatu segmen vegetasi. Oleh karena itu, bentuk tidak berarti. Petak dapat berbentuk bujur sangkar, lingkaran, segi empat panjang, bahkan tidak teratur bila segmen vegetasi mengharuskan demikian.

### 6.3 PENENTUAN FREKUENSI

Frekuensi adalah jumlah berapa kali sebuah jenis terdapat dalam petak cuplikan kecil atau titik cuplikan yang diletakkan berulang kali dengan jumlah yang sudah ditentukan. Frekuensi dinyatakan dalam bentuk pecahan atau persen dari jumlah total. Tidak ada penghitungan jumlah individu hanya rekaman kehadiran jenis. Frekuensi adalah ukuran kuantitatif yang jauh lebih mudah dihitung daripada penghitungan individu atau pengukuran penutup.

Petak-petak kecil atau titik-titik dapat disebar secara acak, misalnya dengan melempar sebuah cincin metal atau sistematis dengan mengikuti pola yang teratur (Gambar 6.1). Di setiap penempatan kehadiran jenis dicatat tanpa memerhatikan kuantitas atau jumlah individu. Untuk membandingkan berbagai komunitas, frekuensi dinyatakan paling baik dalam bentuk persentase total jumlah penempatan, dan dengan ini ditentukan apa yang dinamakan **persentase frekuensi** (*frequency percentage*) atau **indeks frekuensi** (*frequency index*) (Gleason 1920).

Dalam contoh kita, persentase frekuensi jenis yang diwakili oleh titik adalah 84% (Gambar 6.1a.) dan 72% (Gambar 6.1b), sementara frekuensi untuk jenis yang ditunjukkan dengan tanda silang masing-masing adalah 29 dan 20%. Perbedaan ini dapat dikurangi hanya dengan menggunakan jumlah penempatan yang lebih besar (misalnya 100) yang memerlukan lebih banyak waktu.



**Gambar 6.1** Penentuan frekuensi dengan mengacu kepada kuadrat cuplikan atau titik yang ditunjukkan dalam Gambar 5.4: (a) sebaran teratur 25 kuadrat frekuensi; (b) sebaran acak 25 petak lingkaran frekuensi.



Penentuan frekuensi pertama kali dikembangkan oleh Raunkiaer (1913). Frekuensi selanjutnya diterapkan dan dikembangkan lebih lanjut oleh para peneliti Skandinavia, Inggris, dan Amerika. Braun-Blanquet dan murid-muridnya menentukan frekuensi hanya untuk kasus-kasus khusus, karena penentuan frekuensi memerlukan waktu lebih banyak bila digunakan dalam komunitas yang kaya jenis. Metode ini ternyata sangat bermanfaat dalam komunitas yang miskin jenis di utara dan kawasan alpin dan ara-ara yang dijadikan penggembalaan secara intensif di Negeri Belanda (De Vries 1949) serta dalam penelitian komunitas tumbuhan akuatik dan rawa di Eropa Tengah (Tüxen & Preising 1942). Frekuensi adalah parameter kuantitatif yang paling umum dipakai dalam analisis tumbuhan bawah hutan dan komunitas terna dalam studi deskriptif di Amerika Utara.

### 6.3.1 FREKUENSI DALAM KUADRAT—SEBUAH UKURAN TIDAK MUTLAK

Frekuensi menyajikan penilaian objektif sama seperti pengukuran kerapatan dan penutup, tetapi berbeda karena frekuensi merupakan ukuran yang tidak mutlak. Ini berarti bahwa hasilnya sebagian merupakan fungsi bentuk dan ukuran kuadrat. Bergantung pada kekayaan jenis per satuan luas ukuran petak yang sedikit lebih besar biasanya menghasilkan frekuensi yang berbeda bagi jenis dengan kelimpahan sedang. Karena individu suatu jenis biasanya menunjukkan pengelompokan bahkan di dalam penutup vegetasi yang homogen, petak empat persegi panjang kemungkinan akan menghasilkan frekuensi yang berbeda dibandingkan dengan hasil petak bujur sangkar atau petak lingkaran yang sama besar. Hasil bergantung pada ukuran dan bentuk petak sehingga hasil hanya berarti dalam kaitan dengan ukuran dan bentuk petak tertentu yang dipilih untuk penentuan.

Frekuensi sering juga dianggap sebagai ukuran kelimpahan, sehingga berkaitan dengan kerapatan. Tetapi, Greig-Smith (1964) menjelaskan bahwa frekuensi jarang mengindikasikan jumlah individu per jenis, karena supaya persepsi itu benar, tumbuhan harus tersebar secara teratur atau acak. Alih-alih, tumbuhan mempunyai **sebaran tularan** (*contagious distribution*). Oleh karena itu, sosiabilitas atau sebaran, yaitu pola lokal atau area-kecil, perlu diperhitungkan dalam pengukuran frekuensi. Sebuah jenis dengan jumlah individu yang besar dapat mempunyai nilai frekuensi rendah hanya karena individu-individunya terkumpul dalam bercak-bercak, sedangkan jenis dengan jumlah individu yang sama tetapi tersebar merata di seluruh area cuplikan dapat memiliki nilai frekuensi 100%. Untuk itu, frekuensi memberi indikasi keseragaman sebaran bukannya kerapatan. Tentu saja sebuah jenis dengan hanya beberapa individu tidak akan

pernah mempunyai nilai frekuensi tinggi meskipun tersebar merata, kecuali bila ukuran kuadrat dibuat besar sekali. Karena itu, frekuensi dapat membaurkan dua parameter, kerapatan dan sebaran.

Frekuensi memberi sedikit atau sama sekali tidak indikasi mengenai penutup bila ditentukan dengan kuadrat. Jenis dengan individu yang sangat kecil dan tersebar merata di seluruh area cuplikan akan memberi nilai frekuensi tinggi meskipun nilai penutupnya kecil sekali. Sebuah jenis dengan sedikit individu tetapi mempunyai tajuk atau area-dasar besar yang menutup sebagian besar area cuplikan akan mempunyai nilai frekuensi rendah.

Meskipun demikian, kasus tersebut bergantung kepada kriteria yang dibuat untuk bagian tumbuhan mana yang dimasukkan atau dikeluarkan dalam penghitungan frekuensi. Dalam konsep Raunkiaer, jenis dihitung bila **kuncup tumbuh bertahunan** (*perennating bud*) sebuah individu jenis tersebut terdapat di dalam petak. Konsep ini sukar untuk diterapkan di daerah tropik basah, karena tumbuhan tidak pernah menyusutkan taruknya secara musiman. Di Amerika Utara, kriteria yang biasanya digunakan adalah tumbuhan harus berakar di dalam petak (Cain & Castro 1959). Di dalam bentuk-hidup yang merayap atau membentuk anyaman, kriteria harus berakar di dalam petak menghasilkan nilai frekuensi rendah. Oleh karena itu, kriteria kuncup tumbuh bertahunan memasukkan sedikit penutup dalam pertimbangan. Rumput yang berstolon dan membentuk anyaman dapat dimasukkan bila berakar pada buku-bukunya. Dalam hal ini penutup, bukannya jumlah individu, dimasukkan dalam penghitungan frekuensi. Ini menunjukkan bahwa beberapa keputusan subjektif harus dibuat sebelum frekuensi dinilai secara objektif.

Frekuensi dapat dijadikan sebuah ukuran mutlak dengan menghilangkan efek ukuran kuadrat atau petak. Ini dilakukan dengan mereduksi sebuah kuadrat menjadi sebuah titik (kuadrat titik). Sebuah kuadrat-titik dapat dibuat oleh sebuah jarum, batang yang ditajamkan atau alat untuk melihat berupa palang dari kawat atau rambut (seperti teleskop pada senapan misalnya). Di atas penutup terna, sebuah jarum, yang diturunkan pada titik-titik yang telah ditentukan sebelumnya, akan **memintas** (*intercept*) atau tidak memintas bagian tumbuhan setiap kali jarum diturunkan. Teknik ini memberikan rekaman kehadiran atau ketidakhadiran jenis yang melimpah dan membentuk penutup. Oleh karena itu, dalam teknik ini frekuensi digunakan untuk mengukur penutup. Metode ini yang dikenal dengan metode **kuadrat-titik** (*point-kuadrat*) akan dibahas dalam Bab yang mencakup metode pengukuran penutup (lihat Bab 6.5.4).

Cara lain untuk menentukan frekuensi yang tidak melibatkan kuadrat atau batas-batas adalah metode jarak (*distance method*) Wisconsin (Bab 7.6.).

### 6.3.2 UKURAN PETAK UNTUK PENENTUAN FREKUENSI

Ukuran petak (atau kerangka, *frame*) utamanya adalah sebuah fungsi ukuran tumbuhan dan kekayaan jenis per satuan luas. Misalnya, bila 20 sampai 30 jenis terdapat dalam 1 m<sup>2</sup> penutup terna rendah ( $\pm 10$  cm), pembagian lebih lanjut dari petak menjadi seratus kotak 10 x 10 cm (0,01 m<sup>2</sup>) frekuensi anak-petak tampaknya paling tepat. Sebanyak 3 sampai 8 jenis per anak-petak dapat dihitung dengan baik. Jumlah jenis yang lebih besar akan banyak memperlambat pelaksanaan.

Kuadrat dengan 100 bujur sangkar seperti itu ditunjukkan dalam Gambar 6.4 (Bab 6.5.3). Rekaman kehadiran jenis di dalam jaringan kuadrat seperti itu disebut **frekuensi lokal** (*local frequency*) (Greig-Smith 1964). Frekuensi lokal dapat juga dianalisis dalam kerangka yang lebih besar asalkan ditempatkan dalam matriks yang berdampingan.

Karena penghitungan jenis bergantung kepada mudahnya pengenalan pada sembarang tahap pengembangan, ukuran kuadrat dapat bervariasi dalam batas-batas tertentu sesuai dengan pilihan masing-masing peneliti. Pada umumnya ukuran kuadrat dapat agak lebih besar dibandingkan dengan kuadrat untuk menghitung individu, tetapi ukuran yang sama dapat digunakan untuk kedua tujuan tersebut. Perluasan kuadrat frekuensi dapat mengakibatkan peningkatan frekuensi jenis yang tersebar jarang sampai 100% sehingga sama dengan nilai frekuensi jenis yang melimpah. Daubenmire (1968) menyarankan aturan empiris, yaitu pengurangan ukuran petak frekuensi bila satu atau dua jenis menunjukkan frekuensi 100%. Cain & Castro (1959) menyarankan ukuran empiris berikut:

Lapisan lumut	0,01–0,1 m <sup>2</sup>
Lapisan terna	1–2 m <sup>2</sup>
Perdu rendah dan terna tinggi	4 m <sup>2</sup>
Perdu tinggi	16 m <sup>2</sup>
Pohon	100 m <sup>2</sup>

Raunkiaer menggunakan lingkaran dengan luas 0,1 m<sup>2</sup> untuk terna dan vegetasi bawah hutan. Unit lain yang umum dipakai adalah 1 m<sup>2</sup>, yang

dapat berupa petak 1 x 1 m atau 0,5 x 2 m. Karena hasil bergantung kepada ukuran petak, maka ukuran harus seragam supaya dapat dibandingkan. Dalam kuadrat besar yang disarankan Cain & Castro untuk perdu tinggi dan pohon, biasanya frekuensi merupakan hasil sampingan dari penghitungan individu atau pengukuran area dasar atau penutup. Pembuatan petak besar seperti itu, khususnya untuk pengukuran frekuensi, hanya membuang waktu.

### 6.3.3 FREKUENSI DAN AREA MINIMUM

Topik ini perlu dibahas karena terdapat kekacauan dalam pustaka, yang menunjukkan pembuatan area minimum dari data frekuensi.

Jika kita tertarik dengan pencuplikan komposisi jenis yang representatif selain dari penilaian kuantitatif yang cermat dari jenis yang lebih dominan, kurva area minimum jangan diabaikan. Untuk memperoleh jumlah jenis yang memadai dari sebuah tegakan, luas yang dicakup oleh sejumlah petak kecil untuk analisis parameter kuantitatif harus kira-kira sama dengan atau melebihi luas area minimum dalam meter persegi (Rice & Kelting 1956).

Cain (1943) bereksperimen dengan kuadrat frekuensi di sebuah vegetasi alpin dan menemukan bahwa area minimum yang diperoleh dari beberapa kuadrat kecil yang sama besar yang diletakkan tersebar, jauh lebih kecil ketimbang area minimum yang dibuat dengan metode petak disarangkan. Ia menemukan area minimum seluas 32 m<sup>2</sup> dengan petak disarangkan, sementara hanya empat petak berukuran 0,1 m yang diletakkan secara acak menunjukkan area minimum untuk komunitas tersebut. Cain berpendapat bahwa area minimum kecil ini (0,4 m<sup>2</sup>) tidak cukup untuk sebuah cuplikan frekuensi, karena penentuan frekuensi berdasarkan empat petak ini tidak akan membuahkan hasil yang memadai. Ia menyarankan untuk menggunakan 20 petak berukuran 0,1 m<sup>2</sup> dengan total cuplikan 2 m<sup>2</sup> (Jumlah 20 ini ditentukan sesukanya). Dari data ini Cain menyimpulkan bahwa penggunaan petak-petak kecil yang banyak hanya memerlukan waktu sedikit dan menghasilkan pertelaan yang lebih memadai ketimbang penggunaan satu petak besar.

Pengamatan kurva jenis-area Cain (1943) menunjukkan bahwa area minimum seluas 32 m<sup>2</sup> yang diperoleh dengan metode petak disarangkan mengandung 22 jenis, sedangkan area-minimum 0,4 m<sup>2</sup> yang diperoleh dari empat petak 0,1 m<sup>2</sup> hanya berisi 15 jenis. Oleh karena itu, konklusi Cain tentang pertelaan yang lebih "memadai" hanya terkait dengan kepuasan yang diperolehnya melalui penentuan frekuensi secara kuantitatif dan objektif. Bahkan, 20 petak

yang disarankan Cain dianggap masih terlalu sedikit untuk evaluasi sembarang komunitas (Greig-Smith 1964).

Pertelaan yang memadai harus mencakup hampir semua jenis yang terdapat dalam komunitas. Jika rancangan pencuplikan mengabaikan sepertiga dari komposisi jenis suatu tegakan, pencuplikan tersebut tidak dapat digunakan untuk menentukan area minimum. Oleh karena itu, studi Cain menunjukkan bahwa area minimum sebuah komunitas tidak dapat ditentukan dengan kurva jenis-area yang diperoleh dari penempatan petak-petak kecil secara acak.

Dengan penggunaan kuadrat kecil yang terpencah, akan selalu terdapat kemungkinan bahwa jenis yang terwakili oleh beberapa individu (yaitu jenis langka) tidak terliput oleh cuplikan. Pemasukan sebuah jenis langka memengaruhi bentuk kurva jenis-area seperti halnya juga pemasukan jenis yang melimpah. Oleh karena itu, hanya sistem petak-petak yang berdampingan atau petak-petak yang disarangkan akan menentukan area minimum secara memadai. Tidak ada alasan teori kenapa kurva ini tidak dapat ditentukan dengan kuadrat-kuadrat kecil yang sama besar. Kuadrat-kuadrat kecil ini dapat sekaligus menentukan frekuensi, tetapi kuadrat-kuadrat tersebut harus diletakkan menurut matriks yang berdampingan, seperti dilakukan dalam teknik petak disarangkan. Jadi, area minimum dapat ditentukan dari data frekuensi hanya dengan apa yang disebut analisis "frekuensi lokal". Dalam contoh Cain, akan diperlukan 320 petak  $0,1 \text{ m}^2$  yang diletakkan berdampingan untuk mencakup area minimum seluas  $32 \text{ m}^2$ . Ini sudah pasti akan memakan waktu banyak yang tidak seimbang dengan objektif yang dikehendaki. Area yang sama dapat diliput dengan petak  $1 \text{ m}^2$  sebanyak 32 buah. Cara demikian memungkinkan **pencacahan** (*enumeration*) jenis yang memadai (yaitu jenis yang hampir lengkap mewakili) dari komunitas yang digabungkan dengan penentuan frekuensi yang lebih teliti ketimbang yang disarankan Cain.

Curtis & Greene (1949) mengacu kepada hasil Cain (1943) dan menegaskan lagi bahwa cuplikan frekuensi harus lebih besar daripada area minimum. Pernyataan ini dapat dimengerti dalam pandangan konsep area minimum yang mengabaikan jenis yang tidak sering terdapat atau langka. Tetapi, interpretasi ini tidak sejalan dengan tujuan semula tentang konsep area minimum, sehingga tidak mengherankan bahwa kekacauan timbul tentang konsep dan arti kurva jenis-area.

Dalam usaha mencari alternatif bagi kurva jenis-area, Rice (1967) menyarankan bahwa dalam pencarian ukuran cuplikan yang tepat hendaknya

melupakan ketergantungan kepada kurva ini. Alasannya, yang juga disetujui oleh Goodall dan lainnya, bahwa aspek ekologi yang paling penting dari sebaran tumbuhan adalah sebaran kuantitas bahan tumbuhan (barangkali yang dimaksud adalah biomassa) bukannya sebaran individu. Ini merupakan pergeseran objektif, yang tidak berhubungan dengan nilai kurva jenis-area sebagai indikasi dari komposisi jenis yang representatif suatu komunitas. Dari perspektif lain dapat juga dinyatakan bahwa aspek yang terpenting dari sebaran tumbuhan adalah keanekaragaman jenis. Kurva jenis-area masih merupakan alat terbaik untuk memperoleh area cuplikan terkecil dengan jumlah jenis maksimum dari sebuah komunitas. Tetapi, kurva jenis-area tidak dapat digunakan untuk menentukan ukuran cuplikan yang diperlukan untuk mengevaluasi dengan memadai jumlah individu per jenis, penutupnya, atau frekuensinya.

Disimpulkan bahwa pada dasarnya terdapat dua macam kuadrat cuplikan, yaitu kuadrat besar untuk area-minimum yang digunakan untuk mencuplik komposisi jenis yang representatif di dalam himpunan tumbuhan yang berulang, dan kuadrat-kuadrat kecil yang ukurannya disesuaikan dengan tinggi individu dan jarak antara individu jenis, yang digunakan untuk analisis kuantitatif individu per jenis (atau penutup atau frekuensi). Kuadrat kerapatan hendaknya berukuran kecil untuk penghitungan yang baik dan teliti, tetapi tidak terlalu kecil sehingga menyebabkan kesalahan yang terkait efek tepi.

### **6.4 BAGAIMANA MENENTUKAN UKURAN CUPLIKAN**

Ukuran cuplikan, yang terkait dengan jumlah berapa kali kuadrat kerapatan atau frekuensi tertentu harus diulang, sering kali ditentukan secara sesukanya atau sewenang-wenang. Dalam survei volume kayu, umumnya dibuat batas persentase volume. Sebagai contoh, intensitas pencuplikan dapat saja ditentukan 5 atau 10%. Ini mengacu kepada luas yang tercakup segmen vegetasi. Jika segmen vegetasi mencakup 6 hektare, cuplikan 5% akan meliputi area  $0,05 \times 60.000 \text{ m}^2 = 3.000 \text{ m}^2$ . Area ini misalnya dapat dicuplik dengan 30 petak berukuran  $10 \times 10 \text{ m}$ .

Greig-Smith (1965) menekankan bahwa ketelitian penghitungan bukan fungsi area yang dicuplik, melainkan fungsi jumlah pencacahan. Ini terkait dengan jarak antartumbuhan. Bila jarak antarindividu besar, individu yang dapat dihitung dalam petak yang berukuran sama jauh lebih sedikit ketimbang bila individu-individu berdekatan. Dengan demikian, dalam tegakan-tegakan dengan perbedaan jarak yang besar disarankan untuk menggunakan petak sebanyak yang

diperlukan untuk menghitung jumlah individu tertentu. Oleh karena itu, area yang sebenarnya dicuplik bervariasi besar. Tentu saja jumlah petak yang dihitung adalah fungsi variasi individu antarpetak. Semakin besar variasi pula semakin besar, jumlah petak yang diperlukan.

#### 6.4.1 PENDEKATAN STATISTIK

Dalam statistik probabilitas dapat digunakan perbandingan **galat baku rerata** (*standard error*) dengan **rerata** (*mean*) sebagai pengukur besarnya cuplikan (Greig-Smith 1964). Untuk sebaran Poisson, ini dapat dinyatakan sebagai:

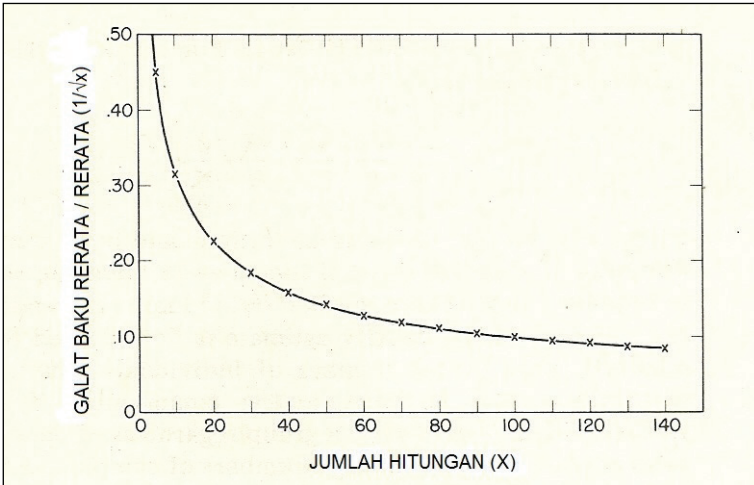
$$\frac{\sqrt{x}}{n} : \frac{x}{n} = \frac{\sqrt{x}}{n} \times \frac{n}{x} = \frac{\sqrt{x}}{x} = \frac{1}{\sqrt{x}}$$

yang dalam hal ini  $x$  adalah jumlah pencacahan dan  $n$  jumlah kuadrat. Perbandingan atau rasio galat baku rerata dengan rerata adalah  $1/\sqrt{x}$  dan  $n$  dihilangkan. Bila individu-individu jenis tersebar secara acak, ketelitian taksiran kerapatan tidak dipengaruhi oleh ukuran kuadrat dan hanya oleh jumlah individu yang dihitung. Sebaran acak seperti itu dapat ditemukan dalam komunitas pohon jika semua individu pohon secara keseluruhan dianggap sebagai sebuah kelompok tanpa memerhatikan jenis. Meskipun demikian, rasio ini hanya berlaku bila digunakan kuadrat cuplikan dalam jumlah besar. Semakin besar jumlah penghitungan individu, semakin kecil galatnya (Gambar 6.2). Tetapi, Greig-Smith (1964) menyatakan bahwa **syarat galat statistik** (*statistical error terms*) seperti itu biasanya tidak dapat diterapkan kepada individu-individu jenis tunggal, karena individu-individu sebuah jenis jarang tersebar secara acak. Oleh karena itu, kurva bukan suatu pedoman. **Galat baku rerata** (GBR) sebagai  $\frac{1}{\sqrt{x}}$  / $n$  hanya berlaku untuk sebuah sebaran Poisson yang dalam hal ini rerata sama dengan varian. Bila kita tidak dapat memperkirakan ini, hitung galat baku rerata sebagai akar varian ( $s^2$ ) dibagi jumlah cuplikan ( $n$ ), yaitu  $GBR = \sqrt{s^2/n}$ , yang dalam hal ini  $s =$  **simpang baku** (*standard deviation*). Contoh akan diberikan dalam Bab berikutnya.

#### 6.4.2 MEMETAKAN RERATA KUMULATIF

Petunjuk praktis untuk menaksir kecukupan ukuran cuplikan bagi kuadrat kerapatan kecil adalah menghentikan pencuplikan pada titik di mana penambahan kuadrat tidak memengaruhi secara berarti rerata jenis yang lebih

penting (atau melimpah). Ini dapat diuji dengan menghitung dan memetakan **rerata kumulatif** (*running mean*) selama analisis kuadrat (Kershaw 1964).



**Gambar 6.2** Hubungan antara galat baku rerata ( $1/\sqrt{x}$ ) dan jumlah hitungan di antara individu-individu yang tersebar acak. Seperti kurva jenis-area hubungan ini adalah hubungan penurunan sejalan dengan peningkatan ukuran cuplikan.

Dalam praktiknya, sering kali sudah memuaskan ukuran baku pencuplikan ditentukan sesukanya, dengan persyaratan bahwa cuplikan ada antara 5 dan 10% cuplikan maksimum yang memerlukan waktu banyak.

Dua gagasan tentang ukuran cuplikan berkaitan erat dan dapat diinterpretasikan bahwa batas 5% merupakan variasi yang tidak berarti dari kurva ukuran cuplikan seperti itu (Gambar 6.3). Misalnya, kerapatan sebuah lumut kerak kecil berbatang tunggal, *Stereocaulon vulcani*, yang terdapat pada batuan lava di Hawaii, dihitung dengan 18 kuadrat berukuran 1 cm<sup>2</sup>. Rerata kumulatif, yang dihitung selalu untuk dua kuadrat pada saat sama, memberikan hasil yang tertera dalam Tabel 6.1.

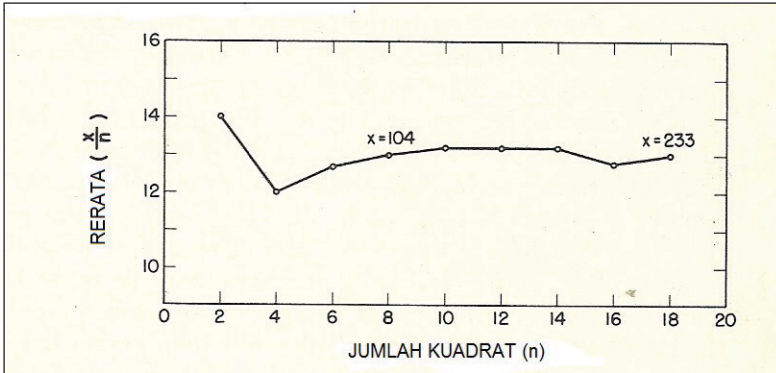
Rerata kumulatif kemudian dipetakan pada jumlah kuadrat seperti ditunjukkan Gambar 6.3. Semula variasinya besar, tetapi kemudian kurva menjadi kurang bervariasi mulai pada kuadrat keenam.

Jika kita ingin menghentikan pencuplikan ketika rerata kumulatif tidak lagi memberikan nilai berarti, kita dapat berhenti setelah 8 kuadrat dicuplik. Di sini rerata identik dengan cuplikan 18. Dengan kata lain, penghitungan 104 individu memberikan nilai sama dengan penghitungan 233 individu. Kriteria



## Analisis Vegetasi di Lapangan

untuk menghentikan pencuplikan diterapkan ketika rerata kumulatif sampai ke lingkup 5% cuplikan maksimum yang memerlukan waktu banyak, dan dalam hal ini kita dapat berhenti setelah 6 kuadrat. Nilai 5% dari rerata 18 kuadrat cuplikan maksimum yang ditentukan secara sesuka hati adalah  $0,05 \times 13 = 0,65$ . Jadi, rerata dari 6 kuadrat adalah 12,7, yang terletak dalam lingkup  $13 \pm 0,65$ . Dalam kasus terakhir hanya 76 individu dihitung.



**Gambar 6.3** Pemetaan rerata kumulatif

Jika individu-individu *Stereocaulon* tersebar secara acak, galat statistik ( $1/\sqrt{x}$ ) untuk 72 individu adalah  $1/\sqrt{72} = 0,12$  (Gambar 6.2). Barangkali kita tidak ingin membuat asumsi dan menghitung galat statistik (GBR/ rerata) dengan menggunakan formula  $GBR = \sqrt{s^2/n}$ , (di mana s=standar deviasi). Diterapkan kepada 6 kuadrat pertama untuk contoh *Stereocaulon*, perhitungannya akan seperti berikut:

Nomor Kuadrat = n	Penghitungan x	$x^2$
1	13	169
2	15	225
3	11	121
4	9	81
5	15	225
6	13	169
Jumlah: 6	76	990

Pengukuran Kuantitas Jenis

$$\text{Rerata} = \frac{\text{jumlah } x}{\text{jumlah } n} = \frac{76}{6} = 12,67$$

$$\text{Varian} = s^2 = \frac{\text{jumlah } x^2 - \frac{(\text{jumlah } x)^2}{n}}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{990 - \frac{(76)^2}{6}}{(6-1)} = \frac{(990 - 962,67)}{(5)}$$

$$s^2 = \frac{27,33}{5} = 5,47$$

$$\text{GBR} = \sqrt{\frac{s^2}{n}} = \sqrt{\frac{5,47}{6}} = 0,95$$

$$\text{Rasio} \frac{\text{GBR}}{\text{Rerata}} = \frac{0,95}{12,67} = 0,07$$

Hasilnya menunjukkan bahwa galat statistik (GBR/Rerata) untuk penghitungan 72 individu *Stereocaulon* bahkan lebih sedikit daripada yang diharapkan untuk sebaran acak. Oleh karena itu, individu-individu *Stereocaulon* tampaknya mendekati sebaran teratur.

**Tabel 6.1** Rerata jumlah batang *stereocaulon* untuk setiap dua kuadrat dari 18 kuadrat acak (1 cm<sup>2</sup>).

JUMLAH BATANG STEREOCAULON PER CM <sup>2</sup>	JUMLAH TOTAL KUMULATIF	RERATA KUMULATIF
13, 15	28	14,0
11, 9	48	12,0
15, 3	76	12,7
13, 15	104	13,0
13, 15	132	13,2
13, 14	159	13,2
13, 12	184	13,1
11, 11	206	12,9
14, 13	233	13,0

Dapat dicatat bahwa penentuan sebuah ukuran cuplikan yang memadai untuk analisis kuantitatif terhalang oleh pembatasan yang sama seperti penentuan area minimum melalui kurva jenis-area. Dalam kedua kasus ini tidak ada kriteria objektif yang tegas sehingga harus ditentukan sendiri oleh peneliti. Suatu keputusan selalu subjektif, tetapi hendaknya dilandasi dengan pertimbangan yang baik.

Selanjutnya, keputusan tentang apa yang dianggap memadai untuk ukuran cuplikan relatif mudah bagi tegakan-tegakan satu populasi seperti dalam contoh *Stereocaulon*. Masalah akan timbul bila terdapat lebih dari satu jenis yang harus diteliti secara kuantitatif. Inilah masalah yang terdapat dalam hampir semua komunitas tumbuhan.

Tidak selalu diapresiasi bahwa dalam analisis kuantitatif hanya jenis yang melimpah yang dapat dianalisis secara teliti.

### 6.5 PENGUKURAN PENUTUP

Penutup biasanya didefinisikan sebagai proyeksi vertikal dari tajuk atau area taruk sebuah jenis pada permukaan tanah yang dinyatakan sebagai pecahan atau persentase sebuah area acuan. Definisi ini berlaku bagi metode taksiran dan pengukuran penutup. Selain dari area tajuk, penutup juga dapat diekspresikan dengan proyeksi **area dasar** (*basal area*) pada permukaan tanah. Area dasar adalah garis-bentuk atau **bagan** (*outline*) area sebuah tumbuhan dekat permukaan tanah. Untuk pohon area dasar diukur dengan **diameter setinggi dada** (*diameter at breast height*) atau disingkat DSD, yaitu 1,5 m di atas permukaan tanah, dengan formula  $\pi r^2$ , yang dalam hal ini  $r$  sama dengan setengah DSD. Pengukuran setinggi dada diterima sebagai pengukuran area dasar di sebagian besar tegakan pohon di daerah beriklim sedang. Di hutan tropik, yang di dalamnya banyak pohon berbanir atau tegakan dengan pohon berbatang banyak, diperlukan pengukuran pada dasar batang bila kita mengatakan bahwa yang diukur adalah area dasar. Bahkan di hutan daerah iklim sedang area setinggi dada lebih kecil ketimbang area dasar. Konsep area dasar kadang-kadang diterapkan juga untuk **bentuk-hidup berdesakan** (*caespitose life form*), seperti **rumpun menandan** (*bunch grass*). Di sini area dasar mengacu kepada ruang yang diduduki **sistem taruk** (*shoot system*) pada permukaan tanah.

#### 6.5.1 NILAI EKOLOGI PENUTUP

Seperti telah dikemukakan penutup sebagai pengukur sebaran tumbuhan mempunyai nilai ekologi lebih besar ketimbang kerapatan (Rice 1967, Daubenmire 1968). Gagasan ini didasarkan kepada pengamatan bahwa penutup memberikan taksiran biomassa tumbuhan ketimbang jumlah individu.

Biomassa merupakan kriteria urutan pertama dan kedua bagi klasifikasi struktur yang dikembangkan oleh Fosberg (1961) dan oleh UNESCO (Ellenberg

& Mueller-Dombois 1967a). Pembagian pertama struktur berdasarkan jarak dan tinggi biomassa tumbuhan. Biomassa tumbuhan merupakan indikasi kapasitas vegetasi untuk mengakumulasi bahan organik bila status perkembangan komunitas diketahui dan manfaatnya sebagai penyedia pakan hewan. Biomassa tumbuhan mempunyai pengaruh besar terhadap iklim tegakan dalam kaitan dengan cahaya dan suhu. Biomassa memengaruhi kondisi air melalui intersepsi hujan dan laju transpirasi per satuan luas, dan terkait erat dengan volume pendauran hara dalam ekosistem. Selanjutnya jumlah dan karakteristik biomassa mempunyai arti langsung bagi hewan yang berasosiasi dengan vegetasi yang menyediakan perlindungan dan pakan.

Biomassa tumbuhan dievaluasi melalui penutup hanya bila dikaitkan dengan pengukuran kedalaman atau tinggi. Untuk tujuan pertelaan, ini dicapai dengan stratifikasi komunitas menjadi beberapa lapisan tinggi seperti dibahas dalam Bab 5. Oleh karena itu, penutup harus dievaluasi secara terpisah menurut masing-masing lapisan tinggi atau strata vegetasi.

Hal lain yang penting dari penutup sebagai ukuran kuantitatif adalah bahwa hampir semua bentuk-hidup, dari lumut sampai pohon, dapat dievaluasi dengan parameter yang sama sehingga dapat dibandingkan. Ini tidak berlaku untuk kerapatan atau frekuensi. Meskipun demikian, penutup dapat diukur dengan berbagai cara, bergantung pada macam vegetasi dan objektif studi.

### 6.5.2 METODE DIAMETER TAJUK

Sebuah metode untuk pohon dan perdu yang analog dengan pengukuran area dasar adalah sebagai berikut. Pita meteran diletakkan di permukaan tanah dari satu tepi ke tepi lain dari tajuk pohon atau perdu melalui pusatnya. Ini menghasilkan satu rekaman diameter. Karena tajuk tidak membentuk lingkaran sempurna, perlu dibuat paling tidak pengukuran diameter tajuk kedua kurang lebih tegak lurus pada diameter pertama. Penutup tajuk (pt) dapat diperoleh dari rumus berikut:

$$pt = \left( \frac{D_1 + D_2}{4} \right)^2 \Pi$$

yang dalam hal ini  $D_1$  adalah diameter yang diukur pertama dan  $D_2$  diameter kedua. Hasilnya adalah penutup tajuk yang dapat dinyatakan dalam meter persegi. Untuk menghubungkan pengukuran penutup tajuk dengan suatu satuan

dari luas permukaan tanah, perlu diukur juga satuan dari permukaan tanah. Tetapi, metode ini tidak praktis bila kita tertarik pada penutup menurut jenis di area yang lebih besar untuk memperoleh cuplikan yang lebih representatif. Dalam hal ini, kita dapat menggunakan metode **intersep-garis** (*line-intercept*) (Bab 6.6).

### 6.5.3 METODE PEMETAAN KUADRAT

**Metode Pemetaan Kuadrat** (*Quadrat Charting Method*) digunakan pada vegetasi terna rendah (misalnya padang penggembalaan) yang kadang-kadang dapat dipetakan dengan kuadrat kecil. Misalnya, bagan area tajuk jenis tertentu atau area dasar sistem taruk pada sebuah kuadrat sering dapat digambar menurut skala pada sehelai kertas. Ini dapat dilakukan dengan membagi petak satu meter persegi menjadi 100 kerangka desimeter-persegi (10 x 10 cm) dan dengan memberi nomor koordinat kerangka desimeter-persegi dari 1 sampai 10 (Gambar 6.4.). Jadi tajuk atau bagan taruk dan area dasar yang diduduki **tumbuhan mengusut** (*matted plant*) dapat dipindahkan ke sehelai kertas grafik.

Pada vegetasi terna tinggi (misalnya, rumput menandan) bila kuadrat dengan 100 kerangka-desimeter-persegi diturunkan ke tanah, banyak tumbuhan akan terlipat dan akan mengurangi atau menambah penutup sebenarnya. Dalam hal seperti itu beberapa tali nilon dapat dibuang dan ukuran kerangka-persegi diubah menjadi 20 x 20 cm. Bila ini masih menyebabkan lipatan dan mengubah tumbuhan, kerangka-persegi dapat diperbesar lagi sehingga yang terbentuk adalah empat kerangka-persegi atau bahkan tali nilon dibuang sama sekali.

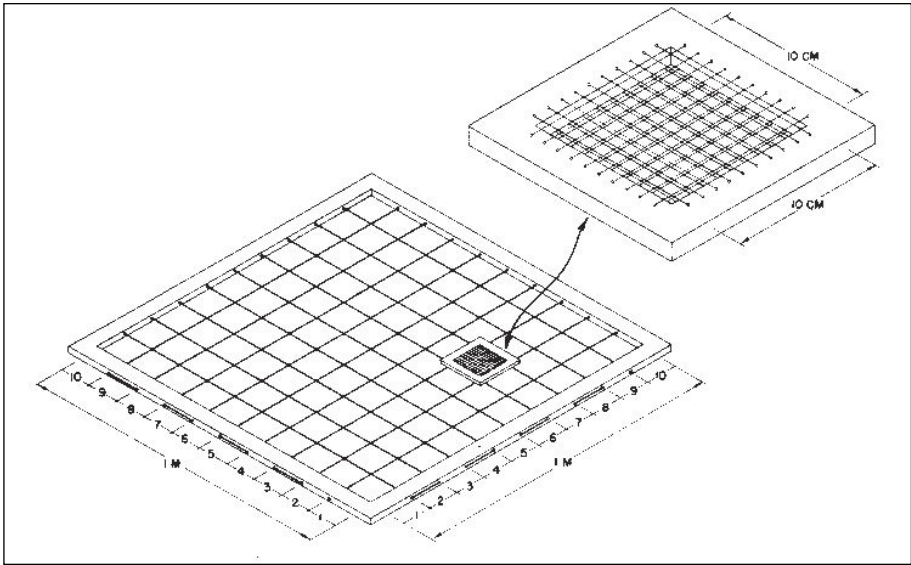
Tentu saja bila tumbuhan sedemikian tinggi hingga **kisi** (*grid*) kukuh pada sebuah kerangka satu meter persegi menjadi penghalang posisi tumbuhan di tanah, kuadrat 1 m<sup>2</sup> mungkin terlalu kecil sebagai area suatu cuplikan. Dalam kasus demikian dapat dibuat **kuadrat-peta** (*map-quadrat*) 2 x 2 m dengan menempatkan kerangka satu meter empat kali. Kombinasi ukuran lain tentu saja dapat dibuat.

Perlu ditekankan bahwa metode pemetaan dengan kuadrat ini terutama bermanfaat hanya untuk kuadrat permanen, sebab pemetaan sebuah kuadrat memakan banyak waktu. Kuadrat seperti itu sangat ideal untuk diterapkan dalam studi tentang suksesi atau perubahan musiman penutup tumbuhan terna pada tempat yang persis sama. Sebuah kerangka satu-meter dapat dengan mudah diletakkan dengan memancangkan dua pasak ke tanah pada posisi diagonal dan

## Pengukuran Kuantitas Jenis

mencatat arah kompas pada kerangka. Sangat bijaksana untuk mencatat posisi pasak secara tepat dengan mengukur jarak dan arah ke suatu tanda pengenal terdekat, seperti batu besar, pohon soliter, atau persimpangan jalan, untuk memudahkan pencarian kembali kemudian.

Cara lain untuk memetakan penutup tumbuhan dalam kuadrat kecil adalah dengan menggunakan sebuah pantograf. Sistem pantograf digambarkan pada Gambar 6.5.



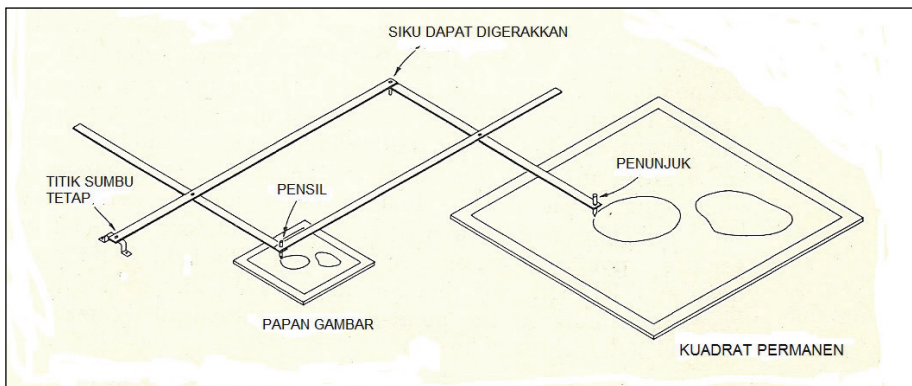
**Gambar 6.4** Kuadrat meter-persegi (1 x 1 m) dengan 100 kerangka-desimeter-persegi untuk menghitung frekuensi lokal dan memetakan bagan terna dengan taruknya yang nyata yang menunjukkan penutup hampir penuh. Kerangka-desimeter-persegi terpisah dengan kuadrat kecil yang dibentuk oleh rentangan tali nilon yang dapat ditaruh di atas vegetasi untuk menghitung penutup dengan pengukuran frekuensi titik.

Perekaman dengan foto dapat juga digunakan, yang sebenarnya merupakan variasi metode pemetaan kuadrat. Wimbush, Barrow & Costin (1967) menguraikan metode fotografi untuk menentukan penutup tumbuhan vegetasi rumput menandan. Foto diambil 2 m di atas penutup tumbuhan pada titik-titik yang telah ditentukan sebelumnya sepanjang sebuah transek. Tetapi, metode fotografi sering bermasalah karena latar belakang yang tidak jelas sehingga kemudian menyulitkan interpretasi bagan tumbuhan pada cetakan foto. Tidaklah demikian bila tajuk pohon difoto dari bawah. Evans & Coombe (1959)

## Analisis Vegetasi di Lapangan

membuat foto-foto dari bawah ke atas untuk menginterpretasikan kanopi hutan. Untuk ini mereka menggunakan sebuah lensa hemisfer yang telah diadaptasikan secara khusus (disebut **lensa mata-ikan**, *fish-eye lense*), yang sangat bagus untuk fotografi kanopi **sudut-lebar** (*wide-angle*), foto-foto seperti itu dapat diambil pada titik yang telah ditetapkan sebelumnya sepanjang sebuah transek. Distorsi luas pada cetakan foto dapat disesuaikan dengan mudah dan penutup dapat dihitung dari cetakan foto dengan metode **titik-intersep** (*point-intercept*) dengan menggunakan **kisi-titik** (*dot-grid*) transparan (Bab 6.6.4).

Metode pemetaan kuadrat tentu saja dapat digunakan untuk memetakan posisi individu-individu tumbuhan yang nilai penutupnya kecil. Jadi, metode ini adalah teknik universal untuk memetakan tumbuhan terna atau tumbuhan kecil pada area kecil.



**Gambar 6.5** Sistem pantograf.

Metode yang sama dapat juga digunakan untuk pohon dan tumbuhan ber kayu lain, tetapi kemudian kuadrat harus lebih besar, misalnya 10 x 10 m. Dalam hal seperti itu kuadrat dapat digariskan dengan tali, dan kisi untuk subkuadrat dapat dibuat. Kuadrat-peta seperti itu dapat digunakan sebagai petak pohon permanen, tetapi pemanfaatannya jauh lebih terbatas daripada kuadrat-peta kecil untuk vegetasi terna. Alasannya bahwa pohon dan perdu merupakan tumbuhan bertahunan yang hidup lama, dimana pengukuran berkala yang lebih rinci lebih bermanfaat ketimbang bagan penutup dan posisinya. Pengukuran standar yang rinci untuk pohon termasuk pengukuran berkala diameter dan tinggi.

Untuk pengukuran penutup tumbuhan, metode pemetaan-kuadrat mempunyai tiga keterbatasan utama:

1. Penutup tumbuhan hanya ditunjukkan diagramnya dan masih harus diukur.
  2. Metode ini hanya dapat digunakan secara terbatas untuk tumbuhan yang bagan taruknya menutup hampir 100%. Teknik ini tidak dapat digunakan untuk penutup tumbuhan campuran, yang sistem taruknya bercampur baur.
  3. Metode ini tidak dapat digunakan dengan baik untuk memperoleh cuplikan representatif penutup jenis tumbuhan di area yang luas. Teknik ini hanya berguna untuk analisis rinci sebuah area kecil, yaitu kuadrat permanen.
- Keterbatasan ini dapat ditanggulangi dengan metode intersep titik.

#### 6.5.4 METODE INTERSEP-TITIK

Bila bagan penutup tumbuhan sudah digambar menurut skala kuadrat dengan 100 kerangka-persegi di lapangan pada selembar kertas grafik dengan 100 kerangka-persegi, penutup tumbuhan dapat dengan mudah dievaluasi dengan menghitung kerangka persegi yang terisi dan kerangka-persegi yang sebagian terisi. Evaluasi ini dapat langsung dilakukan di kuadrat-lapangan tanpa terlebih dahulu membuat diagram peta.

Namun, bila kita menghitung kerangka-persegi yang terisi sebagian, sebenarnya kita masih menaksir penutup bukan menghitungnya. Cara yang biasa dipakai untuk menghitung penutup pada peta adalah penggunaan planimeter, yang terdiri atas roda kecil dengan sebuah penghitung yang mengubah hitungan keliling menjadi luas. Metode yang lebih sederhana adalah mereduksi setiap kuadrat kecil menjadi titik pusat dan menghitung titik intersepsi dengan bagian tumbuhan. Metode ini dapat diterapkan dengan menggunakan kisi-titik transparan dan setiap titik mewakili area sebuah kuadrat kecil. Ini adalah metode yang paling banyak digunakan untuk mengukur area kecil pada peta, penutup koloni jamur atau ganggang di bawah mikroskop, luas selembar daun, atau area di bawah sebuah kurva. Prinsip yang sama, yaitu mereduksi sejumlah kuadrat kecil masing-masing menjadi titik, dapat diterapkan langsung di lapangan kepada kuadrat dengan 100 kerangka-persegi (Gambar 6.4). Metode ini diperkenalkan untuk digunakan dalam studi vegetasi sebagai metode **kuadrat-titik** (*point-quadrat*) (Levy & Madden 1933; Goodall 1952; 1953c).

##### 6.5.4.1 Penerapan terhadap Penutup Terna

Bila kita meletakkan kuadrat satu meter persegi seperti pada Gambar 6.4 dengan 100 kerangka-persegi 10 x 10 cm pada penutup terna rendah seperti padang



penggembalaan atau halaman yang dibabat, kita dapat menggunakan **titik-potong kisi tali** (*cross-point of the string grid*) untuk menentukan apakah proyeksi vertikal sebuah titik mengintersepsi bagian sebuah taruk tumbuhan atau tidak dan apa identitas tumbuhan yang terintersepsi titik tersebut.

Selain fakta bahwa kita hanya akan dapat 81 titik-potong, metode ini akan menemui kesulitan. Kesulitan utama adalah tentang paralaks. Dengan melihat setiap titik yang dibentuk oleh kisi tali, dua orang pengamat mungkin akan memperoleh hasil yang berbeda. Tanpa kisi titik-potong kedua mungkin sekali kita mengarahkan ke segala jurusan di bawah setiap titik-potong. Oleh karena itu perlu dibuat lapisan kedua titik-titik yang mendampingi titik-titik yang pertama, seperti ditunjukkan pada kuadrat dengan kerangka-persegi 10 x 10 cm dalam Gambar 6.4. Dengan titik-potong dobel seperti itu kemungkinan salah bidik ke titik lain di bawah dapat dikurangi.

Diperkirakan cukup bagi padang penggembalaan dan padang rumput pendek untuk mereduksi 100 kerangka-desimeter-persegi menjadi satu titik tunggal dan kemudian membuat titik intersepsi tumbuhan dari 100. Sebagai alat, dapat digunakan pasangan kerangka-desimeter persegi kecil dengan **pembidik titik-potong dobel** (*double cross sighting*) dengan menempatkannya secara berurutan pada masing-masing 100 kerangka-persegi kecil yang membentuk kerangka-meter-persegi dan dengan membaca apa yang mengintersepsi titik-potong di bawah. Untuk menghindari kekacauan, kerangka kecil dapat diberi tali dengan hanya satu pasang titik-potong di tengah atau di pinggir. Posisi pembidik titik-potong dobel tidak menjadi masalah. Dapat pula digunakan sebilah pisau dengan menancapkannya ke tanah dan catat intersepsi pada sisi yang tajam bila ada. Metode seperti itu dengan menggunakan sangkur telah diuraikan oleh Poissonet & Poissonet (1969) untuk meneliti padang rumput tinggi, di mana sangkur ditancapkan ke tanah setiap 20 cm sepanjang transek. Dalam kuadrat desimeter dari kuadrat kerangka meter persegi metode ini tidak akan menghilangkan kemungkinan pisau berputar, kecuali bila posisi pisau ditentukan lebih dulu, misalnya dengan menggunakan sebuah mistar.

Intensitas pencuplikan seperti dinyatakan dengan jarak dan jumlah total titik selalu terkait dengan ukuran tumbuhan, variabilitas pola jenis, dan objektif analisis dalam hubungannya dengan waktu yang tersedia. Kerangka kecil titik-100 yang ditunjukkan pada Gambar 6.4 digunakan oleh salah satu dari penulis di padang penggembalaan tropis musiman, yang kaya akan jenis di Sri Lanka, untuk mengukur pemulihan penutup rumput pendek dalam kuadrat

## Pengukuran Kuantitas Jenis

meter persegi permanen setelah hamparan padang rumput dikuliti oleh gajah (Mueller-Dombois & Cooray 1968).

Dalam analisis penutup, kerangka kecil 100-titik diletakkan biasanya pada kerangka-enam desimeter persegi, yang masing-masing diletakkan secara acak dari satu perangkat koordinat atau dengan stratifikasi dari diagram peta. Dengan cara ini penutup cuplikan total adalah 600 titik dan persentase penutup rumput dalam masing-masing kuadrat permanen ditentukan setiap dua bulan. Kerangka kecil 100-titik digunakan hanya untuk menentukan perubahan penutup rumput. Jenis tidak dibedakan.

Perlu ditekankan bahwa penerapan beberapa teknik yang telah diuraikan di sini agak terbatas, tetapi prinsip intersep-titik dapat diterapkan secara luas, kepada bentuk-hidup mikroskopik (seperti telah disebutkan) sampai pohon dan metode Bitterlich untuk mengukur penutup batang (Bab 7.5).

Alat yang bermanfaat untuk vegetasi terna berukuran normal (tinggi 20-50 cm) atau perdu kerdil, seperti ara-ara atau rumput tinggi dan vegetasi kerangas, termasuk tumbuhan terna dalam vegetasi lapisan bawah hutan adalah kerangka frekuensi-titik seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6.6. Kerangka yang ditunjukkan di sini dibuat dari kayu dengan tinggi 1 m dan panjang 1 m. Sepuluh jarum kawat atau batang baja yang sama panjangnya dengan kaki dimasukkan melalui lubang. Lubang pemandu ini dibuat tegak lurus melalui dua batang penyangga horizontal. Batang penyangga kedua menghilangkan efek paralaks (seperti halnya pada lapisan kedua kisi titik-potong kerangka kecil desimeter persegi untuk penutup dalam Gambar 6.4). Sepuluh lubang pemandu dengan jarum diatur dengan jarak sama sepanjang kerangka linear, tetapi dimensi alat ini dapat diubah untuk disesuaikan dengan tinggi dan jarak tumbuhan.

Kerangka linear berkaki diletakkan di atas jalur vegetasi terna yang akan diukur dan jarum diturunkan secara vertikal dan berurutan. Intersepsi jarum dengan bagian tumbuhan dicatat dan jenisnya diidentifikasi. Sepuluh kali penempatan kerangka menghasilkan rekaman 100 titik cuplikan. Tindakan ini menghasilkan data persentase penutup jenis yang terkena jarum. Penutup tajuk atau taruk diukur dengan menghitung hanya intersepsi pertama atau kontak pertama setiap jarum dengan bagian taruk; area dasar diukur dengan menghitung hanya intersepsi dengan bagian batang pada permukaan tanah. Tinggi rata-rata penutup tumbuhan dapat ditentukan juga dengan mencatat panjang jarum pada intersepsi pertama.

Untuk pengukuran penutup, kerangka harus dipegang vertikal, tidak miring. Persyaratan ini menjadi lebih penting jika kita ingin mengukur **pengulangan penutup** (*cover repetition*), yang didefinisikan oleh Goodall (1952) sebagai jumlah berapa kali sebuah jarum membuat intersepsi dengan bagian tumbuhan ketika jarum diturunkan secara vertikal. Jika kerangka dipegang miring, jumlah intersepsi kemungkinan besar bertambah sehingga terjadi taksiran berlebihan (*overestimate*). Taksiran pengulangan penutup dapat dikonversikan menjadi ukuran **perolehan** (*yield*). Baru-baru ini, Possonet (1971) dan Daget & Poissonet (1971) menggunakan metode frekuensi-titik untuk menentukan biomassa semua intersepsi yang terjadi pada satu titik ketika jarum diturunkan secara vertikal. Korelasi antara jumlah intersepsi per titik dan biomassa harus dikuatkan secara empiris untuk setiap tipe vegetasi, karena hubungan antara volume tumbuhan tegak dan bobot bervariasi dari jenis ke jenis, dari tempat ke tempat, dan dari waktu ke waktu.

Kerangka dapat dipegang miring (dengan sudut  $45^\circ$ ) untuk memudahkan pengamatan jika yang diinginkan hanya nilai penutup relatif, yaitu persentase kontribusi penutup setiap jenis terhadap penutup total tumbuhan. Dalam hal ini taksiran yang sedikit berlebihan dari penutup absolut per jenis, yang diakibatkan oleh posisi miring sehingga kemungkinan intersepsi jarum dan tumbuhan lebih banyak, hanya mempunyai konsekuensi kecil (Goodall 1952).

Alih-alih sepuluh jarum, kita juga dapat menggunakan satu jarum yang sama untuk membuat sepuluh observasi, tetapi pemindahan satu jarum tersebut dari satu lubang ke lubang yang lain akan menghambat laju pekerjaan

Bila area cuplikan penutup terna yang menerus dan lebih besar diinginkan, jarak antarjarum dapat diperbesar seperti ditunjukkan dalam Gambar 6.6. Misalnya, satu jarum dapat digunakan dengan memindahkan kerangka setelah satu kali observasi ke tempat lain dengan jarak 30 cm, 50 cm, atau 100 cm (atau jarak berapa saja yang diinginkan). Menurut teori kita dapat menggunakan satu jarum atau batang yang ditajamkan tanpa sebuah kerangka. Tetapi, titik-titik yang ditentukan secara sistematis atau acak merupakan syarat yang harus dipenuhi dan ini memerlukan lubang pemandu agar pengarah ujung batang atau jarum secara tidak sadar dapat dihindarkan.

Jarak sempit antartitik berguna untuk pengukuran intensif penutup area kecil. Jarak besar antartitik digunakan untuk survei lebih cepat dan intensif di area yang sama. Goodall (1952) menemukan bahwa dalam kondisi tertentu

## Pengukuran Kuantitas Jenis

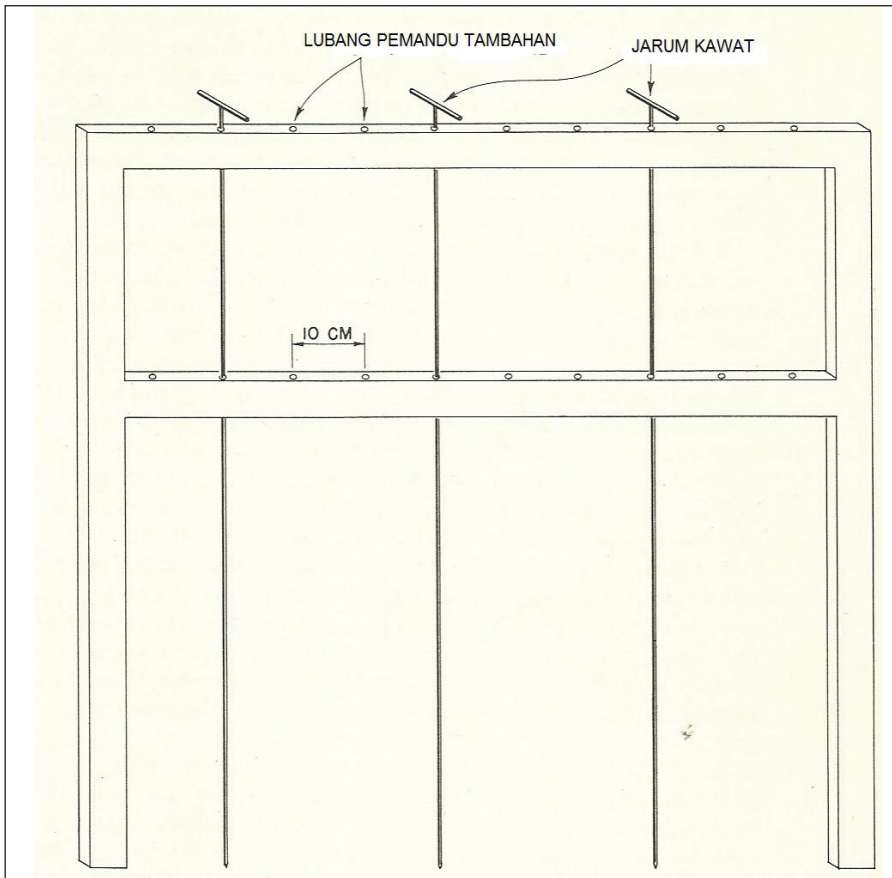
sejumlah titik yang disebar satu-satu dapat menghasilkan taksiran penutup lebih tepat dibandingkan jumlah titik yang sama dikelompokkan dalam kerangka. Sebagai contoh, beberapa tumbuhan besar yang terpencair atau rumpun tumbuhan terpencair dari jenis yang sama mungkin terekam hanya dalam beberapa penempatan kerangka, tetapi dalam beberapa penempatan kerangka ini tumbuhan tersebut terintersepsi oleh titik dalam jumlah besar. Ini mengakibatkan taksiran berlebih dari penutup tumbuhan merumpun yang terpencair. Kondisi yang menyebelah ini hanya dapat dihilangkan dengan penambahan jumlah penempatan kerangka di lokasi yang sama atau dengan pengurangan titik-titik mengelompok menjadi individu-individu titik lepas menyendiri. Alternatif kedua jelas lebih efisien, karena ketelitian yang sama dapat diperoleh dengan beberapa titik, oleh karena itu waktu pengerjaannya lebih sedikit. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa transek yang menerus, dengan titik-titik yang disebar pada jarak yang sama, akan menghasilkan pengukuran penutup yang lebih teliti ketimbang penempatan acak titik-titik yang mengelompok.

Transek dengan titik-titik berjarak sama direkomendasikan bila tujuan studi adalah pengukuran berkala vegetasi yang sama. Ketelitian dalam penilaian perubahan penutup tumbuhan meningkat banyak bila digunakan lokasi titik-titik yang sama ketimbang penempatan titik-titik baru secara acak pada pengukuran-pengukuran berikutnya (Goodall 1952).

Jumlah titik cuplikan yang akan direkam harus terkait dengan variabilitas penutup. Kecukupan pencuplikan penutup diatur oleh prinsip yang sama seperti dibahas dalam penghitungan kerapatan dalam Bab 5.5. Sebanyak 200 titik yang ditentukan sesukanya dapat memberikan hasil yang memuaskan untuk analisis penutup tumbuhan yang relatif homogen. Bergantung kepada kemampuan kita untuk mengidentifikasi jenis, biasanya hasil dapat direkam hanya dalam waktu setengah jam.

Goodall (1952) menghasilkan data yang menunjukkan efek besar dari diameter jarum terhadap ketelitian hasil. Misalnya, dalam hal rumput *Amophila arenaria*, diameter jarum sebesar 4,75 mm menghasilkan penutup 71%, diameter jarum 1,84 mm memberikan nilai penutup 66,5%, dan jarum yang diameternya direduksi menjadi titik tidak berdiameter menghasilkan nilai penutup hanya 39%.

## Analisis Vegetasi di Lapangan



**Gambar 6.6** Kerangka frekuensi titik. Dimensi kerangka dan jumlah lubang pemandu atau interval jarum kawat disesuaikan dengan ukuran dan jarak tumbuhan terna. Penjelasan lebih lanjut ada di dalam teks.

Oleh karena itu, hasil hanya relatif dan bergantung pada diameter ujung jarum. Ini analog dengan penentuan frekuensi dengan kuadrat, yang hasilnya bergantung kepada ukuran kuadrat. Penaksiran terdekat dengan pengukuran absolut dari penutup diperoleh dengan sebuah batang atau sebuah jarum yang ditajamkan ujungnya menjadi sebuah titik. Pengukuran penutup dengan batang atau jarum yang ditajamkan tidak lebih lama ketimbang pengukuran dengan batang atau jarum yang ujungnya tumpul. Menurut teori, metode pembidik-dobel titik-potong akan memberikan hasil yang teliti. Winkworth & Goodall (1962) memertelakan **tabung pembidik kawat menyilang** (*cross-wire sighting tube*) yang terbuat dari kuningan, yang telah digunakan dengan sukses di padang

rumpun merumpun di Australia. Tabung dengan panjang 20 cm dan diameter sekitar 5 cm pada kedua ujungnya dilengkapi dengan cincin yang memegang kawat menyilang. Tabung dapat dipegang dengan tangan atau dipasang pada tumpuan kaki tiga. Kawat menyilang menyajikan cuplikan titik yang praktis tidak berdimensi. Tentu saja alat ini tidak dapat digunakan untuk menghitung biomassa atau “pengulangan penutup”.

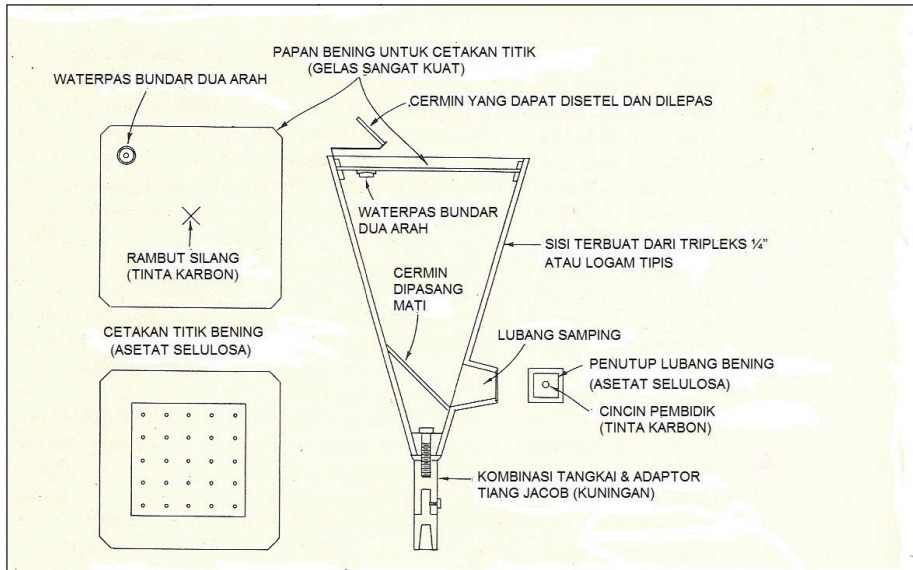
### 6.5.4.2 Penerapan kepada Penutup Pohon

Penerapan metode intersep-titik tidak terbatas kepada vegetasi terna. Penutup kanopi pohon dapat dievaluasi dengan prinsip sama dengan menghitung titik intersepsi. Sebuah alat sederhana yang sering digunakan dalam kegiatan ekologi hutan adalah apa yang dinamakan **penaksir tutupan tajuk tanduk rusa** (*moosehorn crown closure estimator*) (Garrison 1949; Gambar 6.7). Alat ini berupa periskop sederhana seperti kotak, yang pada bagian dasarnya terdapat cermin yang dipasang dengan sudut  $45^{\circ}$ . Bagian atas dari periskop ini dilengkapi dengan sebilah papan gelas yang mempunyai kisi 25 titik. Pengamat melihat cermin melalui lubang pengintip dengan memegang periskop tegak yang dipasang pada tiang penyangga alat survei (*Jacob staff*) di muka mata pengamat. Alat ini harus dalam posisi datar yang dipastikan dengan sebuah waterpas di dalam periskop. Jumlah titik intersepsi dengan bagian kanopi dapat dihitung. Proses ini diulang pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan sebelumnya di dalam tegakan hutan. Foto kanopi tajuk hutan yang diambil dengan lensa mata-ikan dapat dievaluasi dengan prinsip yang sama, tetapi di setiap lokasi foto mencakup area yang lebih luas dan dapat dievaluasi dengan lebih teliti. Analisis intersep-titik ini sangat bermanfaat untuk menelaah variasi musiman dari penutup tajuk. Pengukuran berkala harus dilakukan di lokasi pencuplikan yang sama.

Terdapat berbagai variasi metode ini. Belum lama berselang, Morrison & Yarranton (1970) mengonversi teleskop senapan menjadi pencuplik titik dengan menempelkan prisma tegak lurus yang memungkinkan untuk membaca ke atas dan ke bawah. Teleskop senapan ini dipasang pada sebuah tiang penyangga yang terdiri atas balok aluminium yang posisinya dipertahankan horizontal oleh sepasang kaki yang dapat disetel. Teleskop dipasang pada ketinggian 1,6 m di atas tanah yang sesuai untuk membidik. Teleskop dapat digerakkan secara horizontal ke berbagai posisi sepanjang balok. Oleh karena itu, sepuluh atau nomor posisi berapa saja dapat dipilih secara acak atau sistematis sepanjang balok pada setiap pemasangan alat ini. Dalam satu kali bidikan hanya satu titik dapat dicuplik

## Analisis Vegetasi di Lapangan

dengan rambut menyilang (*cross hair*) dalam teleskop. Prisma tegak lurus dapat diputar 180° untuk membaca persentase penutup kanopi menurut jenis pada satu lokasi sebagaimana halnya penghitungan penutup vegetasi bawah hutan. Teknik ini tampak merupakan suatu metode yang menjanjikan.



**Gambar 6.7** Penampang dan bagian-bagian penaksir penutup tajuk tanduk rusa (direproduksi dengan izin dari *Journal of Forestry*)

Catatan: waterpas bundar dua arah = 2-way circular level; Papan bening untuk cetakan titik (Gelas sangat kuat): *Transparent stage for dot template (Double strength glass)*; Cermin yang dapat disetel dan dilepas (*Adjustable and detachable mirror*); Sisi terbuat dari tripleks 1/4" atau logam ringan = *Sides made of 1/4" plywood or light metal*; Cermin dipasang mati = *Fixed mirror*; Lubang samping = *Side aperture*; Penutup lubang bening (Asetat selulosa) = *Transparent aperture cover (Cellulose acetate)*; Cincin pembidik (Tinta karbon) = *Peep sight ring (Carbon ink)*; Kombinasi tangkai & adaptor tiang penyangga (Kuningan) = *Combination of handle & Jacob's staff adapter (Brass)*; Rambut silang (Tinta karbon) = *Cross hair (Carbon ink)*; Cetakan titik bening (Asetat selulosa) = *Transparent dot template (Cellulose acetate)*.

Kelemahan utama dalam penerapan metode intersep titik—untuk analisis penutup pohon adalah bahwa tinggi dan kedalaman penutup tajuk tidak dapat ditelaah. Padahal stratifikasi pohon-pohon mempunyai arti ekologi yang sangat penting. Kedalaman penutup dapat dievaluasi secara tidak langsung dengan pengukuran cahaya (Buell & Cantlon 1950; Ellenberg 1939; Eber 1972). Tetapi, pengukuran cahaya biasanya dilakukan untuk maksud berbeda. Pengukuran

cahaya memakan banyak waktu dan tidak menyajikan alternatif yang pantas karena cahaya tidak dapat dinyatakan dengan persentase penutup jenis.

Kelemahan ini tidak berlaku bagi metode **intersep-garis** (*line-intercept*), yang dengan teknik ini penutup tumbuhan berkayu dapat diukur secara terpisah berdasarkan lapisan ketinggian berbeda.

### 6.5.5 METODE INTERSEP-GARIS

Canfield (1941) memertelakan metode intersep-garis untuk mengukur penutup. Metode ini didasarkan kepada prinsip mereduksi **transek lajur** (*belt transect*) yang berdimensi dua, panjang dan lebar menjadi satu garis berdimensi satu, yaitu panjang. Sebuah pita meteran direntang di tanah dan tajuk yang tumpang-tindih atau membuat intersepsi dengan pita dicatat menurut jenis dengan ukuran terdekat 10 cm atau ketelitian apa saja yang menurut pertimbangan dapat direkam.

Metode intersep-garis hanya dapat diterapkan pada tumbuhan dengan penutup tajuk yang penuh hampir 100% atau area dasar besar. Di antara tumbuhan terna atau tumbuhan rendah ini sama dengan apa yang dapat dipetakan dari kuadrat. Tetapi, berbeda dengan metode pemetaan kuadrat, teknik intersep-garis lebih bermanfaat dan diperlukan untuk penilaian penutup area yang lebih besar. Selanjutnya, metode ini bagus untuk pengukuran penutup tajuk tumbuhan berkayu, perdu, dan pohon.

Bila tajuk bertumpang-tidih seperti di dalam vegetasi berlapis, penutup harus diukur untuk setiap lapisan ketinggian secara terpisah. Lapisan atau strata dapat ditentukan sesukanya. Dalam hutan yang berperawakan rendah, strata yang sesuai dapat dari 0,5–2 m, 2–5 m, dan lebih besar dari 5 m. Bagan tajuk pohon lebih tinggi dari 15 m sukar untuk dinilai secara teliti tanpa alat penglihat khusus. Batas teratas bergantung kepada jarak pandang (*visibility*) dan kemudahan untuk membuat proyeksi vertikal bagan tajuk ke pita di bawahnya. Ketelitian metode ini bergantung kepada ketelitian proyeksi vertikal. Alat penting dalam vegetasi berkayu seperti itu adalah tongkat panjang, kecil, dan ramping sepanjang 3 m. Tongkat ini digunakan untuk memproyeksikan tepi tajuk ke pita dengan memegang tongkat tersebut secara vertikal dari pita ke tepi tajuk.

Bormann & Buell (1964) mengukur pohon sampai ketinggian 39 m dengan metode intersep-garis. Untuk proyeksi vertikal dipakai **bidikan-penutup** (*coversight*) yang dipertelakan oleh Buell & Cantlon (1950). Ini sama dengan



alat yang disebut penaksir penutup tajuk “tanduk-rusa” yang telah dikemukakan di atas. Perbedaannya adalah pada alat ini dipakai rambut-menyilang tunggal bukan kisi titik-titik, dan rambut-menyilang kedua dipasang pada periskop untuk menghilangkan paralaks. Selanjutnya untuk memperoleh proyeksi tepi tajuk yang benar-benar tegak lurus sebuah **bandul timbangan tegak lurus** (*plumb bob*) digantung di dalam periskop. Lindsey (1955) menggunakan alat yang disebut **bidikan-waterpas** (*sighting-level*) untuk mencari proyeksi vertikal bagan tajuk pada pita. Alat ini berupa tongkat sepanjang 5 kaki (=152,4 cm) yang pada ujung atasnya dipasang sekrup dan sebuah waterpas yang biasa dipakai tukang kayu dipasang satu kaki dari ujung bawah tongkat. Waterpas dipasang sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk mengontrol posisi tongkat dalam satu arah vertikal. Tongkat dipegang oleh pengamat sehingga waterpas ada pada posisi setinggi mata. Ujung atas tongkat dengan sekrup dimiringkan dengan sudut  $45^\circ$  ke arah pengamat dan sekrup diposisikan sebaris dengan tepi tajuk, sementara gelembung udara pada waterpas harus tetap di tengah. Pengamat kemudian memutar  $90^\circ$  dan lagi membuat tepi tajuk, sekrup segaris dengan menggerakkan ke titik pada pita langsung di bawah bagan tajuk. Dua posisi bidikan menghilangkan perlunya melihat lurus ke atas dan bawah tongkat, yang akan menjadi rumit karena gelembung udara kedua diperlukan dan harus dibaca simultan dengan yang pertama untuk meyakinkan posisi tongkat yang benar-benar vertikal.

Panjang yang terkumpul yang diduduki suatu jenis merupakan penutup untuk jenis tersebut yang dinyatakan dalam persen panjang total pita meteran yang digunakan sebagai cuplikan. Panjang pita meteran yang akan diukur bergantung kepada variasi segmen vegetasi, tetapi biasanya cuplikan diberi batas sesukanya.

Sumber kesalahan yang lebih penting ketimbang ketelitian relatif proyeksi vertikal adalah bagan tajuk itu sendiri. Seperti dikemukakan terdahulu metode ini hanya dapat diterapkan kepada tumbuhan dengan kerapatan tajuk 100% yang sekaligus juga mempunyai bagan tajuk menerus. Jika sebatang pohon mempunyai percabangan yang lebat dengan banyak rumpang di antaranya yang melintasi garis, maka rumpang tidak dimasukkan ke dalam perhitungan agar ketelitian lebih besar. Tetapi, banyak situasi yang menyulitkan melakukan hal tersebut. Selanjutnya rumpang kecil di dalam tumbuhan mungkin tidak mempunyai arti ekologi penting sehingga rumpang kecil seperti itu dapat diabaikan. Daubenmire (1968) setuju untuk “membulatkan” tepi-tepi kanopi dan “mengisi” rumpang

## Pengukuran Kuantitas Jenis

internal yang dianggap sebagai bagian wilayah ekologi individu. Untuk mengambil keputusan seperti itu, peneliti memerlukan pengetahuan sebelumnya mengenai perilaku ekologi jenis. Selama pertimbangan peneliti itu konsisten dan dapat diterangkan, metode ini masih dapat dianggap objektif dan dapat diulang.

Masalah yang sama berlaku bagi kerapatan dedaunan. Bila daun-daun digugurkan dari cabang-cabang tertentu, akan sama sahnya untuk mengabaikan atau memasukkan cabang-cabang tersebut dalam pengamatan. Di sini pertimbangan mengenai apa yang dimasukkan atau diabaikan memerlukan pengetahuan tentang perilaku musiman jenis yang bersangkutan. Jika butir-butir tentang kerapatan tajuk dan bagan dipahami betul dan dipertimbangkan, metode ini dapat diterapkan kepada vegetasi tumbuhan berkayu yang tidak memiliki bagan penutup tajuk yang penuh.

Metode intersep-garis telah diterapkan untuk menghitung individu-individu tumbuhan bersama-sama dengan pengukuran penutup (Buell & Cantlon 1950), tetapi kerapatan pohon lebih baik dianalisis dengan metode lain (lihat Bab 7).



# 7

## METODE PETAK-HITUNG DAN TEKNIK PENCUPLIKAN TANPA-PETAK

### 7.1 PERBEDAAN ANTARA PETAK-HITUNG DAN METODE RELEVE

Sebuah petak dipertelakan sebagai suatu area cuplikan dua-dimensi dengan sembarang ukuran. Ini termasuk kuadrat, **petak empat persegi panjang** (*rectangular plot*), **petak bundar** (*circular plot*), dan **transek lajur** (*belt transect*) (yang merupakan petak empat persegi sangat panjang). Transek lajur sering disebut **jalur** (*strip*) atau transek. Metode petak-hitung dalam bentuk yang paling sederhana terdiri atas pembuatan bentuk sebuah area cuplikan dalam sebuah tegakan pohon dan kemudian penghitungan semua pohon menurut jenis dan kelas ukuran. Jadi, sebuah petak pada dasarnya adalah kuadrat kerapatan. Di antara para ekologiwan Amerika Utara, metode petak-hitung dikenal sebagai metode kuadrat. Bagi para ekologiwan Eropa daratan istilah metode kuadrat diartikan sebagai metode releve, yang berdasarkan kuadrat area-minimum seperti telah diruaikan di muka. Dua konsep ini sangat berbeda, meskipun keduanya dapat dikombinasikan dalam analisis komunitas hutan. Perbedaannya terkait dengan perbedaan dasar dalam masalah analisis vegetasi utama yang berkembang di dua benua.

Di Eropa daratan jumlah jenis pohon asli relatif kecil dan sebagian besar hutan Eropa adalah hutan tanaman. Dalam tegakan hutan tanaman seperti itu, perhatian diarahkan kepada vegetasi bawah, dan vegetasi bawah ini telah diteliti secara intensif mengenai responsnya terhadap variasi lingkungan dalam konteks ruang. Oleh karena itu, di Eropa daratan vegetasi bawah dalam hutan merupakan tantangan untuk analisis, dan analisis masalah pohon diserahkan kepada para rimbawan.

Sebaliknya di Amerika, terutama di Amerika Utara bagian timur, tempat beberapa teknik analisis ekologi pohon dikembangkan, jumlah jenis pohon jauh lebih besar ketimbang di Eropa. Di sini teknik analisis pohon secara kuantitatif dikembangkan dari berbagai **metode baku survei kayu** (*standard timber survey methods*), karena sebaran alami dan diversitas atau keanekaragaman jenis pohon serta struktur tegakan merupakan tantangan analitik. Di sini digunakan **struktur tegakan** yang berarti **sebaran numerikal** (*numerical distribution*) individu-individu dengan ukuran berbeda di dalam setiap jenis pohon yang terdapat dalam suatu tegakan. Karena ukuran pada tumbuhan berkayu terkait dengan umur, maka dalam banyak hal kita dapat membuat prediksi perkembangan tegakan dari analisis struktural seperti itu. Bentuk analisis seperti itu menjadi kesibukan para ekologiwan vegetasi di Amerika Utara karena perhatian besar mereka terhadap perubahan menurut waktu atau dinamika vegetasi dalam kawasan yang luas. Sebaliknya, perhatian utama para ekologiwan vegetasi Eropa daratan tertuju kepada variasi lingkungan dalam konteks ruang dalam area yang kecil, seperti ditunjukkan terutama oleh tumbuhan terna.

### 7.2 METODE SURVEI POHON

Dalam pekerjaan inventarisasi hutan, pencuplikan sistematis sering dilakukan dengan jalur atau transek yang memungkinkan untuk membuat pencuplikan menerus dengan lebar yang telah ditentukan. Lebar-jalur bergantung kepada besar dan jarak pohon, dan harus memungkinkan penghitungan pohon dengan mudah. Oleh karena itu, lebar-jalur biasanya berkisar dalam batas 1–5 m di kiri kanan garis di tengah jalur.

Pencatatan yang baku adalah mencacah semua jenis dengan kelas diameter di atas diameter minimum yang telah ditentukan, mulai dari 2,5 atau 10 cm pada setinggi dada (yaitu 1,5 m di atas tanah). Diameter minimum ditentukan sesukanya. Pohon yang berdiameter kurang dari batas minimum (belta dan semai) biasanya dicacah dalam kelas tinggi 30 cm. Bila sangat rapat, pohon-pohon yang lebih kecil ini dihitung dalam anak-petak atau subpetak yang lebih kecil. Pencacahan menurut jenis dalam kaitan dengan lebar-jalur dan panjang-jalur memungkinkan penghitungan kerapatan (jumlah) setiap jenis per satuan luas. Catatan kelas diameter memberi peluang untuk menghitung kerapatan berdasarkan kelas ukuran. Informasi ini dapat digunakan untuk analisis struktur, yang dapat menunjukkan kecenderungan perkembangan populasi pohon dalam komunitas. Data diameter juga berguna untuk dikonversikan menjadi

sebuah parameter penting, yaitu **area dasar** (*basal area*), yang merupakan ruang sebenarnya yang tertutup batang. Area dasar (AD) ini dapat diperoleh dari rumus yang sudah terkenal:  $AD = (\frac{1}{2} d)^2 \times \pi$ ;  $d$  adalah diameter.

Dalam studi ekologi di Amerika Utara sudah menjadi kebiasaan untuk menggunakan area dasar pohon (penutup-batang) sebagai sebuah taksiran dominansi (Curtis 1959). Akan tetapi, dalam kehutanan tinggi pohon digunakan sebagai taksiran dominansi dan area dasar sebagai nilai landasan untuk penghitungan volume kayu.

Sebuah modifikasi metode **lebar-jalur** (*strip-width*) adalah metode **petak bundar** (*circular plot*), dan dalam metode ini petak-petak cuplikan kecil ditempatkan sepanjang transek pada interval yang telah ditentukan sebelumnya. Tujuannya adalah untuk menyebar kisi cuplikan melintasi segmen bila segmen tersebut terlalu besar untuk dicuplik dengan jalur menerus. Dengan demikian intensitas pencuplikan akan direduksi, namun sebaran melintasi seluruh stratum dipertahankan. Ukuran petak bundar harus menjadi fungsi ukuran dan jarak pohon supaya pencacahan terlaksana dengan teliti. Dalam vegetasi yang sama, diameter petak bundar dapat dibuat sekitar dua kali lebar jalur, sebab petak bundar ini biasanya dibagi menjadi empat sektor untuk memudahkan penghitungan dan mencatat jumlah pohon. Pada medan yang miring, ukuran petak sedikit diperbesar untuk menyesuaikan informasi kuantitatif dengan luas pada peta, yang merupakan proyeksi horizontal. Koreksi lereng dibuat dengan mengukur lereng dalam derajat dengan **waterpas Abney** (*Abney level*) atau alat lain yang cocok, dan kemudian mengalikan jarak sepanjang lereng pada petak dengan garis potong lereng. Misalnya, pada lereng 15°, panjang petak 10 m harus diperbesar menjadi  $10 \times 1,035 = 10,35$ . Namun bila pemetaan data kuantitatif bukan merupakan tujuan, koreksi lereng tidak perlu dibuat, karena koreksi seperti itu mengakibatkan taksiran berlebihan parameter kuantitatif pada lereng dibandingkan dengan parameter kuantitatif pada permukaan datar.

Batas petak harus ditentukan dengan cermat bila penghitungan benar-benar dilakukan. Sebaliknya, bila kuantitas jenis ditaksir seperti pada metode releve, ketelitian batas tidak penting. Untuk membuat sudut tegak lurus pada petak bujur sangkar atau empat persegi panjang dapat digunakan prinsip Pythagoras. Misalnya, dari sudut petak sebuah garis sepanjang 4 m ditarik ke satu arah, kemudian sebuah garis lain sepanjang 3 m dibuat tegak lurus pada garis pertama. Sudut tegak lurus yang terbentuk oleh dua garis ini diperiksa dengan mengukur jarak sepanjang 5 m antara titik-titik ujung garis 4 m dan 3 m pada dua sisi petak.

Transek atau jalur, petak bundar, serta petak empat persegi panjang atau bujur sangkar mempunyai persamaan kriteria, yaitu unit pencuplikan area dua dimensi dengan batas-batas pasti yang harus diletakkan dalam tegakan.

### 7.3 CONTOH SEBUAH ANALISIS PETAK-HITUNG

Contoh berikut tentang analisis kerapatan, struktur, dan area dasar melukiskan rekaman yang khas untuk metode petak atau kuadrat.

Analisis petak kuantitatif berkaitan dengan cuplikan area kecil ( $120 \text{ m}^2$ ) dalam hutan hujan tropik di Kepulauan Hawaii.

Tabel 7 menunjukkan data lapangan mentah yang dicatat oleh tiga orang mahasiswa dalam waktu sekitar satu jam. Semua pohon diukur pada pangkalnya dengan sebuah alat pengukur ketebalan yang disebut **kaliper** (*calyper*) dan dicatat jenisnya menurut kelas diameter 5 cm, dengan batas kelas atau kisaran seperti ditunjukkan dalam tabel ini. Dalam studi ini digunakan diameter dasar bukan diameter setinggi dada karena banyak pohon yang berbatang banyak, bercabang dekat dasar di bawah ketinggian dada. Selanjutnya diameter dasar adalah pengukur yang terbaik untuk area dasar yang sebenarnya. Posisi tempat diameter harus diukur tentu saja berbeda bila kita ingin memperoleh data volume pohon. Pengukuran volume kayu bukan tujuan penelitian ini. Pencatatan dibuat dalam transek-lajur dengan lebar 6 m dan panjang 20 m. Persyaratan untuk penghitungan individu pohon ditentukan secara manasuka, yaitu minimum antara 45 dan 50 individu dalam dua kelas ukuran, yaitu pohon dengan tinggi kurang dari 2 m dan pohon dengan tinggi lebih dari 2 m. Pencacahan dilakukan dalam beberapa anak-petak berukuran  $3 \times 5 \text{ m} = 15 \text{ m}^2$ , yang dicacah satu per satu. Ketika anak-petak ke delapan selesai dicacah, pencacahan total menghasilkan 48 pohon dengan tinggi batang kurang dari 2 m dan 45 pohon dengan tinggi batang lebih dari 2 m. Dengan jumlah ini tujuan pencuplikan sudah tercapai.

Pencacahan pohon-pohon kecil dengan tinggi sampai 2 m, yang semuanya mempunyai diameter dasar kurang dari 3 cm, ditambah dan direkam menurut lima kelas tinggi (Tabel 7.2) untuk menganalisis reproduksi pohon dengan lebih rinci.

#### 7.3.1 INTERPRETASI STRUKTUR TEGAKAN

Salah satu objek metode petak adalah untuk menganalisis dan menginterpretasikan kecenderungan jumlah individu menurut kelas ukuran jenis pohon dalam tegakan.

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

Namun demikian, suatu kecenderungan hanya dapat dibuat bila individu yang diukur cukup banyak, yang secara manusuka ditentukan minimum 30 individu per jenis (menggunakan Gambar 6.2 sebagai pedoman). Oleh karena itu, hanya sebaran jumlah menurut kelas ukuran pada *Psidium guajava* dapat dianggap mempunyai kecenderungan yang terpercaya untuk contoh ini (Tabel 7.1). Untuk dapat mencapai kecenderungan jumlah yang memadai pada *Acacia koa* dan *Metrosideros collina*, cuplikan harus sekitar 8 sampai 10 kali lebih besar atau 8 sampai 10 petak seperti itu harus dibuat dan dianalisis dalam tegakan ini untuk dapat menyajikan kecenderungan perkembangan yang andal bagi dua jenis tersebut.

Interpretasi singkat Tabel 7.1 adalah sebagai berikut.

**Tabel 7.1** Contoh analisis struktur-tegakan dengan metode petak, hutan hujan tropis di Gunung Tantalus, Honolulu, Hawaii, pada elevasi 420 m. Pencacahan dalam transek-lajur 6 x 20 m (120 m<sup>2</sup>). Data mentah

KELAS DIAMETER PADA DASAR (CM)	KISARAN (CM)	JUMLAH POHON DALAM JENIS				TAKSIRAN TINGGI
		ACACIA KOA	METRO- SIDEROS COLLINA	PSIDIUM GUAJAVA	CITHA- REXYLUM CAUDATUM	
1	(0-2)	0	0	25	23	<2 m
5	(3-7)	0	0	19	3	
10	(8-12)	0	1	10	0	2-5 m
15	(13-17)	1	0	4	0	
20	(18-22)	0	0	0	0	
25	(23-27)	1	2	0	0	5-10 m
30	(28-32)	0	0	1	0	
35	(33-37)	0	0	0	0	
40	(38-42)	1	1	0	0	
75	(73-77)	1	0	0	0	
Total		4	4	59	26	93
Total <sup>a</sup>	> 3 m	4	4	34	3	45

<sup>a</sup> Jumlah pohon dengan diameter dasar lebih dari 3 cm dalam 100 m<sup>2</sup> = 45/1,2 = 37,5 (untuk memperoleh taksiran jumlah pohon per ekar kalikan dengan 40; untuk memperoleh jumlah pohon per hektare kalikan dengan 100).

Dalam petak 120 m<sup>2</sup> hanya terdapat 4 individu jenis asli *Acacia koa* (*Leguminosae*). Empat pohon ini mempunyai kisaran diameter yang besar (dari 15 sampai 75 cm) dan karena itu dapat diasumsikan bahwa umur empat pohon ini berbeda (pohon hutan tropik tidak mempunyai lingkaran tahunan sehingga tidak ada cara yang mudah untuk menentukan umur). Sebaran ukuran *Acacia koa* menunjukkan jenis ini telah mempertahankan dirinya selama beberapa waktu.



## Analisis Vegetasi di Lapangan

Kehadirannya tidak terkait hanya dengan satu kejadian pada suatu waktu, ketika kondisi bagus untuk reproduksi. Jika sekiranya demikian, kita berharap empat individu tersebut terkonsentrasi dalam satu atau dua kelas ukuran. Akan tetapi, dari analisis ini keberlanjutan *Acacia koa* dipertanyakan, karena dalam tegakan ini tidak terdapat reproduksinya (pohon dengan tinggi kurang dari 2 m).

**Tabel 7.2** Reproduksi pohon dengan tinggi batang < 2 m dalam kelas tinggi 50 cm pada area yang sama (120 m<sup>2</sup>) seperti pada tegakan dalam Tabel 7.1

KELAS TINGGI	KISARAN (CM)	JUMLAH BATANG DALAM JENIS	
		<i>PSIDIUM GUAJAVA</i> <sup>a</sup>	<i>CITHAREXYLUM CAUDATUM</i>
1	< 10	0	0
2	11–50	7	11
3	51–100	6	4
4	101–150	9	5
5	151–200	3	3
Total		25	23

<sup>a</sup> *Psidium guajava* di sini hanya bereproduksi secara vegetatif; semua dari tunas akar.

Interpretasi yang sama dapat dibuat untuk jenis pohon asli lain, *Metrosideros collina* (*Myrtaceae*).

Jenis eksotik *Psidium guajava* (*Myrtaceae*) hadir dengan satu pohon dewasa dan tinggi (dalam lapisan 5–10 m), 14 pohon di bawah kanopi (sampai tinggi 5 m), 19 belta (tinggi sedikit lebih dari 2 m), dan 25 tunas akar (di sini didefinisikan sebagai reproduksi, di bawah tinggi 2 m, Tabel 7.2). Kecenderungan jumlah menunjukkan bahwa jenis pohon eksotik ini tumbuh mantap dalam hutan hujan ini, dan dapat mempertahankan posisinya dengan reproduksi yang melimpah. Mungkin sekali pentingnya *Psidium guajava* secara kuantitatif meningkat di masa yang akan datang, dan reproduksinya yang sehat dapat merupakan faktor yang menyebabkan ketiadaan reproduksi dua jenis pohon asli lainnya. Meskipun demikian, ini hanya suatu indikasi yang diperoleh dari analisis di atas. Lebih banyak petak analisis dan barangkali eksperimen diperlukan untuk memperjelas indikasi pergantian kompetitif tersebut.

*Citharexylum caudatum* (*Verbenaceae*) hanya diwakili oleh pohon-pohon kecil, yang sebagian besar dengan tinggi kurang dari 2 m. Jenis ini adalah **penyerbu** (*invader*) baru seperti ditunjukkan oleh konsentrasi jumlah dalam kelas reproduksi, jumlah individu terbesar adalah dari kelas tinggi 11 sampai 50 cm (Tabel 7.2). Pada saat ini tidak ada semai baru yang berukuran kurang dari

10 cm. Meskipun demikian, jenis ini tampak telah memantapkan diri sebagai jenis eksotik yang menjadi komponen penting kedua secara kuantitatif dalam tegakan ini.

### 7.3.2 HUBUNGAN KERAPATAN DAN DOMINANSI

Objektif kedua metode petak adalah untuk membangun hubungan kuantitatif kerapatan dan dominansi di antara jenis pohon dalam tegakan.

Hubungan kerapatan telah ditunjukkan dalam Tabel 7.1. Dari Tabel ini tampak bahwa dua jenis pohon eksotik (*Psidium guajava* dan *Citharexylum caudatum*) jauh lebih melimpah dibandingkan dengan dua jenis pohon asli (*Acacia koa* dan *Metrosideros collina*). Dalam Tabel 7.1 mudah untuk menentukan jumlah pohon menurut jenis bagi sembarang unit area rujukan sesuai dengan kehendak. Tetapi, bila jumlah pohon dalam area cuplikan dikonversikan menjadi jumlah dalam hektare, kita hendaknya sadar bahwa ini hanya taksiran. Taksiran ini dapat diperkuat dengan memperbesar ukuran cuplikan, misalnya jumlah petak. Berapa jumlah petak yang harus digunakan untuk memperoleh taksiran yang terpercaya per hektare dapat ditentukan dengan teknik rerata kumulatif (Bab 6.4.2).

Menurut konvensi di antara para pakar ekologi vegetasi Amerika Utara, dominansi untuk pohon didefinisikan sebagai **penutup-batang** (*stem-cover*), dan penutup-batang sama dengan area dasar Tabel 7.3 menunjukkan penghitungan area dasar untuk petak contoh Tabel 7.1.

Tabel 7.3 menunjukkan bahwa *Acacia koa* adalah pohon yang paling dominan dalam tegakan hutan hujan ini. *Psidium guajava* dan *Metrosideros collina* adalah dominan kedua yang hampir sama dan *Citharexylum caudatum* hanya menunjukkan kepentingan kuantitatif yang tidak berarti ditinjau dari parameter ini. Jadi, hubungan kerapatan dan dominansi sangat berbeda dalam tegakan ini.

Metode petak kuantitatif tentu saja dapat juga digunakan untuk pengukuran vegetasi bawah. Bagaimana metode ini dilakukan dalam analisis kuantitatif lapangan dibahas dalam Bab 7.7.

Ini berlaku juga untuk contoh analisis releve (Tabel 5.2). Perbandingan antara dua macam analisis menunjukkan bahwa kandungan informasinya sangat berbeda.

## 7.4 TEKNIK PENCUPLIKAN TANPA-PETAK

Dalam metode releve dan petak kuantitatif, unit pencuplikan dasar adalah area acuan berdimensi dua. Pencuplikan tanpa-petak berarti pencuplikan tanpa unit area seperti itu. Metode tanpa-petak tersedia bagi tiga parameter kuantitatif yang biasa digunakan:

1. **Frekuensi.** Seperti telah dibahas, bila kerangka frekuensi atau kuadrat cuplikan direduksi menjadi titik tidak berdimensi, frekuensi menjadi pengukur absolut. Hasil pencuplikan titik seperti itu dinyatakan dalam persen intersepsi. Bila jumlah titik tinggi (misalnya saja 100 sampai 200 titik) dan jarak antartitik lebih dekat daripada garis-bentuk taruk tumbuhan, hasil frekuensi-titik menjadi pengukur penutup. Petak atau kuadrat tidak diperlukan.

Bentuk lain untuk menilai frekuensi tanpa menggunakan petak adalah mencatat kehadiran atau ketidakhadiran tumbuhan dekat titik. Frekuensi dekat titik pencuplikan sering kali dicatat dalam metode jarak yang akan dibahas dalam Bab 7.6.

2. **Penutup.** Seperti telah dikemukakan di atas, salah satu bentuk untuk menilai penutup tanpa kuadrat adalah melalui jejaring padat titik-titik frekuensi. Metode tanpa-petak kedua adalah metode intersep-garis, yang seperti telah dibahas di muka berdasarkan reduksi transek-lajur menjadi garis tunggal berdimensi satu.
3. **Kerapatan.** Jumlah individu suatu area atau dalam tegakan dapat ditentukan dengan mengukur jarak antarindividu atau antartitik pencuplikan dan individu. Jarak yang dicuplik dapat dikonversikan dengan menguadratkan menjadi unit dua dimensi atau area.

Kita telah membahas dua dari metode tanpa-petak yang penting, yaitu intersep-titik (Bab 6.54) dan metode intersep-garis (Bab 6.55). Metode intersep-titik biasa diterapkan untuk analisis vegetasi terna. Metode intersep-garis umumnya bermanfaat untuk studi vegetasi berkayu terbuka. Dalam kedua kasus ini, hasilnya tentu saja, dapat diterapkan kepada area yang telah ditentukan dan dinyatakan dalam bentuk penutup mutlak atau persentase penutup. Jadi, dalam pengertian luas, sebuah petak atau releve digunakan juga dalam pencuplikan tanpa-petak, karena hasil dari cuplikan tanpa-petak harus diekstrapolasikan ke dalam suatu area untuk interpretasi yang benar. Area ini dapat juga merupakan unit peta.

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

**Tabel 7.3** Area dasar total dan rerata (cm<sup>2</sup>) untuk masing-masing jenis pohon dalam 120 m<sup>2</sup> (dihitung dari Tabel 7.1). Reproduksi diabaikan.

KELAS DIAMETER (CM)	AREA DASAR (CM <sup>2</sup> )	JUMLAH POHON X AREA DASAR <sup>a</sup>			
		ACACIA KOA	METROSIDEROS COLLINA	PSIDIUM GUAJAVA	CITHAREXYLLUM CAUDATUM
5	19,6	0	0	312,4	58,8
10	78,5	0	78,5	785	0
15	176,7	176,7	0	706,8	0
20	314,2	0	0	0	0
25	490,9	490,9	981,8	0	0
30	706,9	0	0	706,9	0
35	962,1	0	0	0	0
40	1256,7	1256,7	1256,7	0	0
75	4417,9	0	0	0	0
Total		6342,2	2317,0	2571,1	58,8
Jumlah pohon		4	4	34	3
Area dasar rerata per pohon		1585,6	579,3	75,6	19,6
		0,53%	0,19%	0,21%	0,005%

<sup>a</sup> Area dasar pohon dalam meter persegi

$$\text{pada } 1.000 \text{ m}^2 = \frac{\text{total keseluruhan}}{1,2} : 10.000 = \frac{11289,1}{12.000} = 0,94 \text{ m}^2$$

atau 0,94% total penutup-batang

Masih perlu untuk membahas dua teknik tanpa-petak penting, yang dikembangkan dari metode survei kayu. Salah satunya adalah penentuan penutup-batang atau area dasar pohon dengan modifikasi teknik pencuplikan-titik dan yang lainnya adalah penentuan kerapatan batang melalui pengukuran jarak.

### 7.5 METODE RADIUS VARIABEL BITTERLICH

Bitterlich (1948) menemukan cara yang luar biasa efisien untuk mengukur penutup-batang dalam tegakan pohon dengan menerapkan prinsip frekuensi-titik. Karena penutup-batang sama dengan area dasar pohon, dan karena area dasar adalah salah satu unit dasar untuk penentuan volume kayu, metode ini sangat berharga bagi pekerjaan inventarisasi hutan (Grosenbaugh 1952). Karena penutup-batang menurut jenis didefinisikan sebagai dominansi dan karena dominansi adalah parameter kuantitatif yang paling penting dalam ekologi vegetasi, metode Bitterlich telah menjadi metode kuantitatif penting, khususnya dalam vegetasi ekologi di Amerika Utara.

### 7.5.1 TEKNIK

Pohon-pohon dihitung dalam lingkaran dari titik pusat pencuplikan dengan sebuah alat **pengukur-sudut** (*angle-gauge*). Hanya pohon yang diameternya lebih besar daripada sudut yang telah ditentukan, dimasukkan dalam perhitungan; yang lain diabaikan. Oleh karena itu, petak bundar di sekitar titik pusat pencuplikan tidak mempunyai jari-jari yang tetap, bahkan jari-jari bervariasi menurut diameter setiap pohon yang dihitung. Teknik ini juga dapat dianggap metode tanpa-petak karena tidak dibuat cuplikan dengan area yang tetap. Bila pohon-pohon dihitung dengan alat pengukur-sudut, jumlahnya sebanding dengan batang atau area dasar per unit luas permukaan tanah.

Pengukur-sudut yang baku di Amerika Utara biasa dibuat dari tangkai sepanjang 33 inci. Pada satu ujung ditempel **keping-silang** (*cross-piece*) terbuat dari karton, plastik, atau metal persegi dengan lebar 1 inci dan di ujung lain dipasang kepingan serupa dengan lubang pengintip. Pengukur sudut dipegang dengan lubang pengintip didekatkan ke mata dan secara horizontal kepingan di ujung satunya diarahkan ke setiap pohon yang ada di sekitar titik pusat pencuplikan. Titik yang diarahkan kepada setiap pohon harus pada tinggi yang tetap, biasanya setinggi dada. Perbandingan yang sama atau sudut  $1^{\circ}45'$  dapat diperoleh dengan pengukur-sudut sepanjang 33 cm dengan lebar keping-silang 1 cm. Bila menggunakan tangkai bundar, lubang pengintip tidak diperlukan (Gambar 7.1). Yang dihitung hanya pohon-pohon yang diameternya lebih besar daripada keping-silang. Oleh karena itu, pohon berdiameter kecil dimasukkan bila terletak dekat pengamat, sementara pohon-pohon berdiameter besar yang dihitung terletak jauh dari pengamat. Dengan pengukur-sudut 1:33, pohon-pohon yang dihitung tidak akan terletak lebih jauh dari 33 kali diameter dari titik pusat pencuplikan atau pengamat. Jadi, sebatang pohon berdiameter 4 inci (10 cm) harus berada dalam lingkup  $4 \times 33 = 132$  inci (3,35 m) dari titik pencuplikan, sedangkan pohon berdiameter 20 inci akan dimasukkan kalau berada di dalam lingkup  $20 \times 33 = 660$  inci (16,8 m).

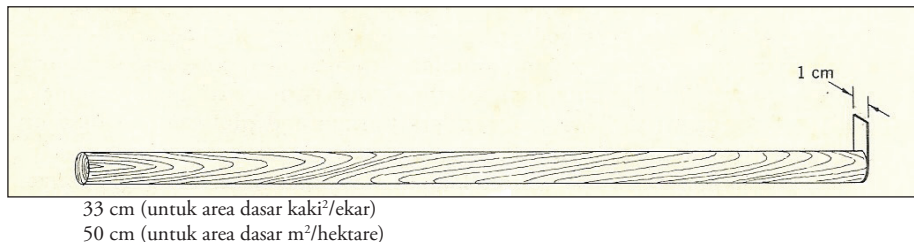
Pembuatan pengukur-sudut dengan perbandingan 1:33 atau ekuivalen dengan sudut bidik  $1^{\circ}45'$  yang disarankan oleh Grosenbaugh (1952), sebab penghitungan pohon dengan sudut ini memungkinkan penghitungan segera area dasar dalam kaki persegi per ekar. Ini dilakukan dengan mengalikan jumlah pohon yang dihitung dengan 10. Jadi, bila 12 pohon dihitung, maka area dasar per ekar adalah 120 kaki persegi. Bila sekiranya 10 dari pohon ini adalah pinus dan 2 adalah cemara, maka area dasar pinus per ekar adalah 100 kaki persegi

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

dan cemara 20 kaki persegi. Untuk memperoleh taksiran yang andal tentu saja diperlukan titik-cuplikan yang banyak.

Bitterlich (1948) merekomendasikan perbandingan pengukur 1,41 cm terhadap 100 cm yang memberikan sudut bidik lebih kecil ( $50'$ ) dan penghitungan pohon lebih dari dua kali lipat per titik cuplikan. Pada perbandingan ini, jumlah pohon dibagi 2 menghasilkan area dasar dalam meter persegi per hektare. Perbandingan yang lebih sederhana untuk perhitungan adalah 2 cm terhadap 100 cm atau 1:50, yang ekuivalen dengan sudut bidik  $1^{\circ}10'$ . Jumlah pohon yang dihitung langsung sama dengan area dasar dalam meter persegi per hektare. Dengan sudut bidik ini, intensitas pencuplikan per titik lebih besar daripada sudut bidik yang direkomendasikan Grosenbauch dan yang digunakan di beberapa studi ekologi di Amerika Utara (misalnya Shanks 1954; Rice dan Penfound 1955; 1959).

Alat pengukur-sudut yang lebih canggih kemudian dikembangkan oleh Bitterlich dan disebut *Spiegelrelaskop*. Ini adalah sebuah instrumen optik kecil yang menyajikan sudut-sudut yang ditetapkan dengan seperangkat pita yang digunakan sebagai jalur perbandingan. Alat ini dilengkapi dengan koreksi lereng otomatis yang dapat dimatikan bila kita tidak menginginkan data area dasar diproyeksikan pada peta. *Spiegelrelaskop* tidak banyak bermanfaat bila intensitas cahaya lemah, karena visibilitas dalam instrumen banyak berkurang.



**Gambar 7.1** Pengukur-sudut Bitterlich untuk mengukur area dasar dengan menghitung jumlah pohon. Alat ini dipegang dengan ujung polos A diletakkan dekat mata dan diarahkan secara horizontal dengan ujung B yang berkeping-silang ke setiap pohon di sekitar titik cuplikan. Setiap pohon yang berdiameter lebih besar daripada keping-silang dihitung dan yang lebih kecil diabaikan.

Akhir-akhir ini, rimbawan dan ekologiwan telah menggunakan prisma gelas terang sebagai alat pembidik-sudut. Bila kita membidik melalui prisma ini, batang pohon tampak berpindah ke satu sisi. Bila pemindahan ini masih di dalam, pohon dihitung, tetapi bila pemindahan ini di luar, pohon diabaikan. Pohon yang ada di

perbatasan dihitung sebagai setengah pohon (Dilworth & Bell 1972:32). Prisma seperti ini dapat diperoleh di toko-toko yang menyediakan peralatan teknik.

### 7.5.2 ASAS

Untuk memahami bagaimana metode Bitterlich bekerja, kita dapat mengambil contoh petak seluas  $10 \times 10$  m yang penuh dengan pohon. Taksiran penutup-batang atau area dasar dapat diperoleh dengan memetakan area-batang dalam tegakan berupa lingkaran menurut skala. Kemudian sejumlah besar titik acak diletakkan pada peta tersebut. Menurut asas frekuensi-titik, perbandingan jumlah titik-titik acak yang mengintersepsi area batang terhadap jumlah total titik-titik acak akan sebanding dengan perbandingan area-batang terhadap area total. Misalnya, jika digunakan 10.000 titik acak dan 50 di antaranya jatuh pada lingkaran, perbandingan adalah 50 terhadap 10.000 atau 0,005 (0,5%). Untuk petak  $100 \text{ m}^2$  ini akan menghasilkan penutup-batang atau area dasar  $0,005 \times 100 = 0,5 \text{ m}^2$ . Nilai 0,005 juga adalah jumlah rerata pohon yang diintersepsi per titik cuplikan.

Pengukuran penutup-batang dalam bentuk seperti itu sangat tidak efisien karena proses pemetaannya. Untuk penerapan langsung di lapangan, membuat jumlah titik cuplikan yang sangat banyak guna mendapatkan hasil yang akurat sangat tidak praktis.

Bitterlich memperbaiki efisiensi metode ini dengan secara matematik memperbesar area-batang setiap pohon.

Dalam peta, kita dapat membuat pembesaran 100 kali jari-jari setiap lingkaran kecil. Ini ekuivalen dengan peningkatan area-batang atau area-lingkaran sebanyak  $100^2$ . Ingat bahwa perbandingan keliling terhadap diameter ( $\pi = 3,14$ ) dipertahankan dalam pembesaran yang proporsional. Kemudian, mungkin seluruh peta akan tertutup dengan lingkaran-lingkaran yang diperbesar ini. Selanjutnya, banyak dari lingkaran yang diperbesar ini akan bertumpang-tindih. Hampir setiap titik acak dari 10.000 titik acak akan mengintersepsi sebuah lingkaran atau area-batang yang diperbesar, dan banyak titik acak mengintersepsi beberapa lingkaran yang bertumpang-tindih. Hasil pendekatan geometri ini adalah bahwa efisiensi setiap titik cuplikan menurut intersepsi ditingkatkan sebanding dengan faktor pembesaran area-batang, yaitu sebesar  $100^2$ . Jumlah rerata pohon terintersepsi per titik cuplikan adalah  $0,005 \times 10.000 = 50$ .

Namun, hasil intersepsi pada setiap titik adalah fiktif bila diartikan sebagai area-batang sebenarnya. Taksiran berlebihan akan sama dengan faktor

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

pembesaran, yaitu 10.000 kali. Karena itu, untuk mereduksi jumlah intersepsi titik-titik cuplikan dari fiktif menjadi nyata harus dibagi dengan 10.000. Ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{area batang} = \frac{\text{jumlah intersepsi} \times \text{faktor pembesaran area}}{\text{jumlah titik} \times \text{faktor pembesaran area}}$$

Bila diterapkan kepada cuplikan kita:

$$\text{area batang} = \frac{50 \times 10.000}{10.000 \times 10.000} = 0,005$$

Ini menunjukkan bahwa metode telah dimodifikasi dari metode intersepsi titik yang baku, meskipun hasil akhirnya sama.

Dalam penerapan metode Bitterlich di lapangan, diameter dan luas batang ditingkatkan dengan pengukur-sudut. Misalnya, bila kita menggunakan pengukur-sudut 1:50 dengan keping-silang 1 cm yang ditaruh di atas tongkat berdiameter 1 cm, kita peroleh radius yang diperbesar (R) untuk tongkat itu. Dengan radius itu, yang dibentuk oleh pengukur-sudut dengan panjang 50 cm kita peroleh luas bundaran dengan diameter 100 cm dan yang luasnya telah diperbesar dengan  $100^2$ . Faktor pembesaran adalah rasio area yang diperluas ( $R^2\pi$ ) terhadap area batang yang sebenarnya ( $r^2\pi$ ); yaitu  $R^2/r^2$ . Dalam hal ini, rasio tersebut adalah  $50^2/0,5^2 = 100^2$ . Jika tongkat berupa belta kecil di lapangan, belta tersebut akan dimasukkan dalam perhitungan, karena titik pencuplikan (posisi peneliti, atau tepatnya ujung bidik pengukur-sudut) tepat mengintersepsi area batang diperluas secara khayalan. Sama halnya bila kita membidikkan pengukur-sudut 1:50 ke sebatang pohon dalam suatu jarak, area batang pohon tersebut dengan sendirinya diperluas dengan  $100^2$ , bila pohon tepat tertutup atau lebih lebar ketimbang keping-silang.

Bitterlich menyarankan pemakaian faktor pembesaran  $100^2$  yang diperoleh dengan pengukur-sudut 1:50, karena jumlah pohon rerata per titik pencuplikan akan sama dengan area batang atau area dasar dalam meter persegi per hektare. Hal tersebut disebabkan faktor pembesaran area sama dengan jumlah meter persegi dalam satu hektare. Ini dapat ditunjukkan dengan mengganti nilai-nilai tersebut dalam persamaan dasar berikut:

$$\text{area dasar} = \frac{\text{jumlah rerata per titik pencuplikan}}{\text{faktor pembesaran area}} \times \text{unit luas acuan}$$



Hasil per hektare untuk pengukur–sudut 1:50 dapat disederhanakan menjadi:

$$\text{area dasar} = \frac{\text{jumlah rerata per titik pencuplikan}}{100^2} \times 10.000$$

$$\text{area dasar dalam m}^2 = \text{jumlah rerata per titik pencuplikan}$$

Untuk rimbawan Amerika, Grosenbaugh (1952) menyarankan penggunaan pengukur-sudut 1:33 karena uamumnya mereka lebih senang menyatakan area dasar dalam kaki persegi per ekar. Untuk maksud ini, rasio 1:33 paling kena, karena faktor pembesaran-area ( $66^2 = 4356$ ) tepat sepersepuluh jumlah kaki persegi dalam satu ekar. Oleh karena itu, dengan pengukur-sudut 1:33 persamaan dasarnya menjadi:

$$\text{area dasar} = \frac{\text{jumlah rerata per titik pencuplikan}}{66^2} \times 43.560$$

$$\text{area dasar} = \text{jumlah rerata per titik pencuplikan} \times 10$$

Meskipun dalam metode Bitterlich pohon dihitung, taksiran area dasar tidak dapat dipakai untuk menghitung taksiran kerapatan. Demikian juga dengan metode ini frekuensi tidak dapat dihitung, karena di sini kehadiran jenis per titik pencuplikan hanya merupakan fungsi besar diameter, bukan area permukaan yang dicuplik.

Karena itu, metode ini hanya bermanfaat untuk penghitungan nilai penutup saja, yang dapat diperoleh dengan sangat cepat. Tampaknya metode ini khususnya bermanfaat untuk evaluasi pohon dalam analisis releve, yang dalam hal ini taksiran nilai skala digunakan untuk tumbuhan bawah. Dua teknik ini adalah metode survei cepat yang saling melengkapi (Benninghoff & Cramer 1963).

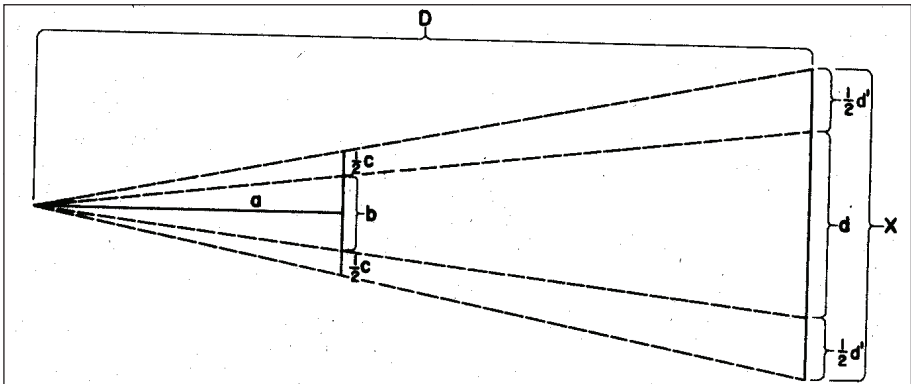
### 7.5.3 KALIBRASI PENGUKUR BITTERLICH.

Pengukur Bitterlich yang sederhana seperti dilukiskan pada Gambar 7 dapat digunakan untuk pengukuran secara teliti area dasar per unit area permukaan, bila kita mengetahui bagaimana membuat kalibrasi pengukur ini. Untuk membuat kalibrasi, pilihlah sebatang pohon dan bidiklah dengan pengukur. Keping-silang atau **palang pembanding** (*comparison bar*) harus tepat menutup atau melingkup lebar pohon. Untuk ini biasanya pembidik perlu mengubah posisi. Bila jarak sudah diperoleh, posisi pembidik pada tanah ditandai. Kemudian jarak dari titik posisi ke pusat batang pohon diukur. Diameter pohon juga diukur.

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

Jarak dan diameter kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan kalibrasi yang ditunjukkan pada Gambar 7.2.

Prinsip kalibrasi ini dapat juga digunakan untuk mengukur diameter dari jauh, yang sangat bermanfaat untuk pengukuran pada lereng. Dalam hal ini, jarak dapat diukur dengan *range finder*. Bagaimana menghitung diameter pohon dengan pengukur Bitterlich diterangkan pada Gambar 7.2.



**Gambar 7.2** Kalibrasi pengukur Bitterlich. Keterangan: a = panjang pengukur Bitterlich; b = lebar palang bidikan; d = diameter pohon; D = jarak dari pembidik ke pohon. Keterangan lebih lanjut tercantum dalam persamaan di bawah ini:

$$a:D = b:d \quad (1)$$

Untuk kalibrasi (1) ditulis sebagai berikut.

$$D = \frac{a}{b} \times d \quad (2)$$

Untuk mengukur diameter pohon dari suatu jarak (2) ditulis sebagai berikut

$$d = \frac{D}{a} \times b \quad (3)$$

Tetapi, pohon dapat lebih besar atau kecil dari b. Umpamakan  $d + d'$  adalah X = diameter sebatang pohon yang lebih besar:

$$X:d = (c+b): b \quad (4)$$

$$X = \frac{(c+b)}{d} \times d \quad (5)$$

atau

$$X = \frac{(c+b)}{d} \times \frac{D}{a} \times b \quad (6)$$

## 7.6 METODE JARAK WISCONSIN

### 7.6.1 KONSEP JARAK RERATA SEBAGAI UKURAN KERAPATAN

Terkait dengan metode survei kayu adalah metode jarak untuk menaksir kerapatan, yang dikembangkan oleh *Wisconsin Plant Ecology Laboratory* (WPEL), metode ini kemudian disempurnakan terutama untuk lapisan pohon dalam komunitas tumbuhan (Curtis 1959).

Berbagai teknik tanpa-petak dikembangkan berdasarkan gagasan bahwa jumlah pohon per satuan luas dapat dihitung dari jarak rerata antarpohon.

Jika kita telaah sebuah tegakan hutan tanaman yang pohon-pohonnya ditanam secara teratur dengan interval 3 m, maka dengan mudah dapat kita tentukan jumlah pohon per unit area. Jarak antarpohon seperti itu menghasilkan sejumlah kuadrat 3 x 3 m, yang selalu membentuk ruang-antara yang dibatasi empat pohon pojok. Kuadrat-kuadrat tersebut membentuk jaringan yang menerus. Sekarang kita bayangkan kuadrat-kuadrat tersebut digeser sedemikian rupa sehingga dalam setiap kuadrat terdapat satu pohon sebagai titik pusat. Tanpa ada perubahan ukuran kuadrat, jelas bahwa setiap pohon menduduki area 3 x 3 m = 9 m<sup>2</sup>. Dalam hutan tanaman ini kuadrat dengan luas 9 m<sup>2</sup> merupakan **area rerata** (*mean area*) per pohon. Untuk menghitung jumlah pohon per hektare (ha) dalam hutan tanaman tersebut, kita tinggal membagi unit **area acuan** (*reference area unit*) dengan area rerata:

$$\text{jumlah pohon} = \frac{\text{unit area acuan}}{\text{area rerata}}$$
$$\text{jumlah pohon per ha} = \frac{10.000 \text{ m}^2}{9 \text{ m}^2} = 1111$$

Oleh karena itu, masalah untuk menentukan jumlah individu pada suatu area disederhanakan menjadi upaya untuk menentukan area rerata sebuah individu. Area rerata ini dapat divisualisasikan dalam tegakan alami (yang tidak teratur) bukan sebagai kuadrat bersisi sama, melainkan sebagai alun-alun bersegi empat yang ditandai oleh empat individu pada titik-titik ujungnya.

Masalah penting dalam metode jarak ini adalah mencari jarak yang dapat memberi taksiran terbaik nilai akar area-rerata per pohon. Ini dilakukan dengan membuat nilai rerata beberapa ukuran jarak yang dipilih khusus dalam tegakan.

Dalam metode petak kuantitatif, jarak ini dengan mudah dapat dihitung segera setelah beberapa pohon ditentukan. Area rerata per pohon sama dengan

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

area plot dibagi dengan jumlah pohon. Bila diterapkan kepada contoh dalam Tabel 7.1 **area rerata** (AR) atau *mean area* dan **jarak rerata** (JR) atau *mean distance* adalah:

$$AR = \frac{\text{area petak}}{\text{jumlah pohon}} = \frac{120 \text{ m}^2}{45} = 2,67 \text{ m}^2$$

$$JR = \sqrt{AR} = \sqrt{2,67 \text{ m}^2} = 1,64 \text{ m}$$

Keuntungan utama menaksir jumlah individu dengan jarak rerata, bukan dengan cara baku menghitung individu dalam kuadrat, petak, atau jalur, yaitu bahwa batas-batas petak tidak diperlukan. Dalam banyak hal metode ini menyingkat banyak waktu (Curtis 1959) karena jarak pohon biasanya lebih pendek dan lebih mudah diukur ketimbang batas-batas petak.

### 7.6.2 ANEKA METODE JARAK

Berbagai metode jarak dikemukakan dalam literatur, dan dewasa ini metode-metode tersebut diterapkan dalam studi vegetasi dan populasi. Untuk itu, perlu diperkenalkan beberapa metode yang setidaknya telah dicoba dan diuji serta masih digunakan dalam berbagai kombinasi untuk penelitian berbagai metode.

Pilihan pasangan-pasangan individu untuk diukur diameternya dalam sebuah tegakan alami secara teori lebih rumit ketimbang di dalam tegakan teratur. Pielou (1959) menegaskan bahwa pilihan ini harus betul-betul acak. Untuk memperoleh pilihan acak, semua pohon dalam tegakan harus dinomori. Kemudian pohon-pohon dipilih dengan bantuan tabel nomor acak. Dari pohon-pohon yang telah dipilih secara acak ini kemudian dicuplik untuk diukur jaraknya terhadap pohon tetangga terdekat, tetapi keharusan untuk menomori pohon sebelumnya menjadikan teknik ini tidak praktis. Untuk itu, berbagai metode pintas telah diusulkan. Semua metode ini dilaksanakan dari titik-titik pencuplikan, yang ditentukan secara acak atau sistematis.

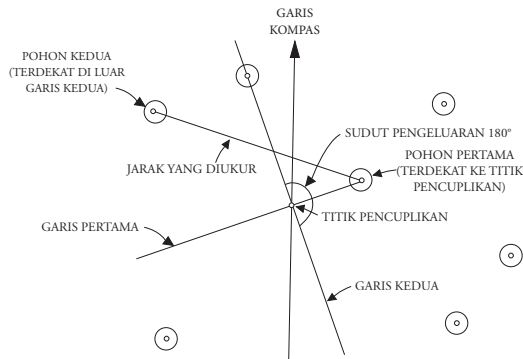
Satu metode di antaranya adalah metode yang memilih pasangan-pasangan individu yang berdekatan dengan titik-titik cuplikan yang ditentukan secara acak. Individu-individu yang terdekat dengan titik-titik pencuplikan dipilih untuk dicuplik jarak antara individu-individu tersebut. Metode ini dikenal dengan nama **metode tetangga terdekat** (*nearest neighbor method*) (Cottam, Curtis & Hale 1953; Cottam & Curtis 1956).

## Analisis Vegetasi di Lapangan

Metode lain bahkan lebih sederhana. Dengan metode ini yang diukur adalah jarak antara pohon terdekat dan titik pencuplikan yang ditentukan secara acak. Metode ini disebut **metode individu terdekat** (*closest individual method*) (Cottam & Curtis 1949; Cottam, Curtis & Hale 1953; Cottam & Curtis 1956).

Metode ketiga adalah **metode pasangan acak** (*random pairs method*), yang pernah populer di antara para ekologiwan vegetasi di Amerika utara (Cottam, Curtis & Hale 1953; Cottam & Curtis 1956). Seperti halnya dengan metode tetangga terdekat, pada metode pasangan acak yang diukur adalah jarak antara dua individu, bukan jarak antara individu dan titik pencuplikan. Setelah titik-titik pencuplikan ditentukan secara acak atau sistematis (dengan interval pada sebuah transek), kemudian dicari pohon yang terdekat dengan titik pencuplikan. Pohon ini digunakan untuk mengukur jarak terhadap pohon kedua. Menghadap ke pohon pertama, peneliti membentangkan tangannya ke dua arah. Dengan cara ini, dibuat dua garis khayal; yang pertama adalah garis dari titik pencuplikan ke pohon terdekat, sedangkan yang kedua adalah garis yang melalui tangan yang dibentangkan. Maksud bentangan tangan ini adalah untuk membuat **sudut pengeluan** (*exclusion angle*)  $180^{\circ}$  untuk mengeluarkan pohon terdekat di sektor tempat pohon pertama berdiri. Pohon kedua adalah yang akan diukur jaraknya yaitu pohon terdekat yang ada dibelakang tangan peneliti yang dibentangkan. Prosedur ini dilukiskan dalam Gambar 7.3.

Melalui pengujian empiris, tiga metode tersebut ternyata dapat menghasilkan jarak rerata yang dapat diterima. Dengan menerapkan faktor koreksi, dari jarak rerata ini taksiran kerapatan untuk populasi acak dapat dihitung. Koreksi untuk metode tetangga terdekat adalah  $1,67 \times \text{jarak rerata (JR)}$ , untuk individu terdekat  $2 \times \text{JR}$ , dan untuk metode pasangan acak  $0,8 \times \text{JR}$  (Cottam 1955).

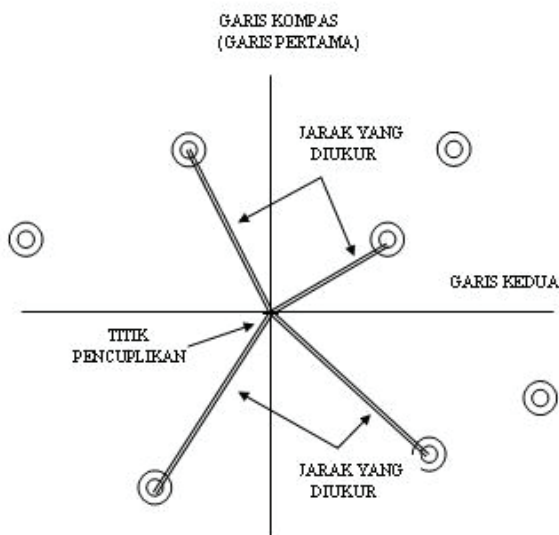


**Gambar 7.3** Metode pasangan acak

Dalam penelitian tentang metode, Cottam & Curtis (1956) menguji efisiensi pencuplikan tiga metode jarak terhadap metode keempat, yang disebut **metode kuadran berpusat titik** (*point-centered quarter method*). Metode terakhir ini tidak memerlukan faktor koreksi dan dalam penerapannya sesederhana metode individu terdekat, tetapi efisiensi pencuplikannya empat kali lipat. Ini berarti juga bahwa metode ini memerlukan waktu lebih sedikit di lapangan. Oleh karena itu, metode ini dianggap metode jarak yang paling efisien sehingga diterima secara luas.

### 7.6.3 METODE KUADRAN BERPUSAT TITIK

Dalam metode ini empat jarak diukur pada setiap titik pencuplikan. Di setiap titik pencuplikan diciptakan empat kuadran dengan membuat dua garis menyilang tegak lurus. Satu garis adalah garis kompas dan garis kedua adalah garis yang ditarik melalui titik pencuplikan dan tegak lurus terhadap garis kompas. Garis menyilang dapat juga ditentukan secara acak dengan memutar sebuah garis silang pada titik pencuplikan. Pada setiap kuadran diukur jarak dari titik pencuplikan ke tengah-tengah batang pohon terdekat (Gambar 7.4.).



**Gambar 7.4** Metode kuadran berpusat titik

Empat jarak yang diperoleh dari beberapa titik pencuplikan dirata-ratakan dan bila dikuadratkan akan sama dengan area rerata yang diduduki oleh setiap pohon. Cottam & Curtis (1956) menguji keandalan metode ini dalam populasi

## Analisis Vegetasi di Lapangan

acak yang hasilnya dibandingkan dengan hasil metode petak. Mereka menentukan **peringkat** (*rank*) empat jarak dalam kuadran (Q) dari setiap titik pencuplikan dengan menghitung jarak rerata yang terpendek (Q1), terpendek kedua (Q2), terpendek ketiga (Q3), dan terpanjang (Q4). Taksiran berikut dari area rerata yang benar per pohon (AR) diketahui berlaku bagi setiap peringkat jarak-rerata yang berbeda.

<b>Q1 terpendek</b>	<b>= 0,5 <math>\sqrt{AR}</math></b>
<b>Q2</b>	<b>= 0,8 <math>\sqrt{AR}</math></b>
<b>Q3</b>	<b>= 1,12 <math>\sqrt{AR}</math></b>
<b>Q4 terpanjang</b>	<b>= 1,57 <math>\sqrt{AR}</math></b>
-----	-----
<b>Q rerata dari 4</b>	<b>=1,0 <math>\sqrt{AR}</math></b>

Untuk itu, faktor koreksi tidak diperlukan ketika empat jarak dalam kuadran direratakan; dan  $AR = JR^2$ , JR adalah jarak rerata empat jarak titik ke pohon terdekat, yang diambil di masing-masing kuadran. Bukti matematika yang menunjukkan bahwa metode ini dapat dipakai dibuat oleh Morishita (1954).

Tentu saja ketelitian akan meningkat sejalan dengan penambahan jumlah cuplikan dan jumlah minimum yang direkomendasikan adalah 20 titik (Cottam & Curtis 1956).

Metode ini mempunyai keterbatasan (Newsome & Dix 1968) dalam penerapannya di lapangan. Sebuah individu harus terletak di dalam setiap kuadran dan sebuah individu tidak boleh diukur dua kali. Oleh karena itu, tegakan dengan jarak antarpohon yang besar merupakan masalah dalam penggunaan teknik ini. Keterbatasan kedua berlaku juga untuk metode pasangan acak.

Parameter yang diperoleh dengan metode jarak ini adalah:

1. Jenis
2. Kerapatan (dihitung dari jarak rerata)
3. Diameter (dan tentunya area dasar dan dominansi)
4. Frekuensi (sebagai kehadiran sebuah jenis dalam setiap titik pencuplikan)

Parameter yang sama diperoleh juga dari petak, tetapi metode jarak ini mempunyai keuntungan karena pembuatan batas-batas petak tidak diperlukan. Ini menghemat waktu banyak sekali. Selain itu, metode ini juga menghilangkan kesalahan pribadi dalam penentuan apakah sebatang pohon yang ada di batas petak masuk atau tidak ke dalam kuadrat.

#### 7.6.4 CONTOH ANALISIS KUADRAN BERPUSAT TITIK

Contoh berikut ini dibuat berdasarkan tegakan hutan hujan tropik yang dipakai dalam contoh releve (Bab 5.3) dan untuk contoh petak kuantitatif (Bab 7.3). Untuk menghemat ruang, contoh kuadran berpusat titik ditunjukkan hanya untuk lima titik cuplikan (Tabel 7.4). Disarankan untuk mencuplik minimum 20 titik per tegakan. Kecukupan titik pencuplikan dapat juga ditentukan dengan memetakan rerata kumulatif seperti diuraikan dalam Bab 6.4.2.

Dalam contoh analisis dalam Tabel 7.4, pohon-pohon dengan diameter dasar kurang dari 3 cm dan tumbuhan berkayu dengan tinggi kurang dari 2 m diabaikan. Meskipun demikian, pohon-pohon kecil dapat dicuplik sebagai kategori ukuran kedua dari titik pencuplikan yang sama dengan empat jarak. Tujuannya adalah untuk menentukan (dari individu-individu lebih tinggi dari 2 m):

1. kerapatan untuk setiap jenis pohon,
2. dominansi untuk setiap jenis pohon, dan
3. frekuensi setiap jenis pohon.

Tujuan kedua adalah mengubah nilai mutlak menjadi nilai relatif, seperti untuk menghitung **nilai kepentingan** (*importance value*), yang akan dibahas dalam Bab 7.6.7.

Tabel 7.4 menunjukkan data mentah untuk lima titik pencuplikan yang diletakkan sepanjang transek dengan interval 5 m. Tabel 7.5 adalah penghitungan area dasar rerata menurut jenis. Nilai ini penting untuk menentukan dominansi jenis, yang berupa kombinasi jumlah dan area dasar.

#### 7.6.5 KETERBATASAN METODE JARAK

Metode kuadran berpusat titik telah diterima secara luas seperti ditunjukkan oleh banyak penelitian vegetasi (di antaranya Caplenor 1968; Habek 1968; Risser & Zedler 1968, Newsome & Dix 1968). Selain dari penerapan di lapangan yang tidak rumit dan nilai informasi yang besar per titik pencuplikan, metode ini lebih dapat diandalkan dibandingkan dengan metode pasangan acak. Ini berdasarkan pengamatan bahwa jarak antara pohon-pohon dan titik pencuplikan lebih acak ketimbang jarak-jarak antara pohon-pohon yang ditentukan melalui titik pencuplikan, (Cottam, Curtis & Hale 1953; Pielou 1959).

Meskipun demikian, metode kuadran berpusat titik dapat diterapkan hanya pada tumbuhan dengan sebaran acak. Penelaahan dengan petak lebih terpercaya



## Analisis Vegetasi di Lapangan

bila individu tumbuhan tidak tersebar secara acak (Schmelz 1969), tetapi petak dan kuadrat juga tidak sepenuhnya terpercay. Alasannya bahwa sebuah petak dapat juga mencakup baik himpunan maupun pengelompokan individu dalam kombinasi jenis yang tersebar secara bersinggungan. Pengelompokan individu atau sebaran yang **bertularan** (*contagiuos*) berlaku untuk hampir semua bentuk hidup, kecuali pohon dan tumbuhan semusim. Bahkan, di antara bentuk hidup yang terakhir sebaran yang tidak acak merupakan norma untuk individu suatu jenis tunggal dalam tegakan campuran. Oleh karena itu, metode ini hendaknya tidak digunakan untuk mencuplik satu jenis tunggal dalam tegakan campuran. Alih-alih, metode ini hendaknya hanya digunakan untuk kelas ukuran besar seperti ditunjukkan dalam contoh terdahulu; metode ini digunakan untuk individu-individu pohon semua jenis lebih tinggi dari 2 m. Kerapatan setiap jenis kemudian dihitung dengan membagi taksiran kerapatan total.

**Tabel 7.4** Analisis kuantitatif dengan metode kuadran berpusat titik. Lima titik pencuplikan, satu di setiap 5 m sepanjang transek yang dimulai dari ujung bawah menuju punggung bukit cembung dengan lereng landai di Pauoa Flat Trail. Data mentah, 4 Maret 1972.

TITIK PENCUPLIKAN	NOMOR KUADRAN	JARAK (M)	JENIS	DIAMETER DI DASAR (CM)
1	1	0,7	<i>Psidium guajava</i>	5,5
	2	1,6	<i>Acacia koa</i>	42,5
	3	3,5	<i>Metrosideros collina</i>	17,0
	4	2,0	<i>Metrosideros tremuloides</i>	25,0
2	1	1,1	<i>Psidium guajava</i>	4,0
	2	0,8	<i>Psidium guajava</i>	5,0
	3	1,9	<i>Psidium guajava</i>	5,0
	4	1,8	<i>Psidium guajava</i>	4,0
3	1	1,3	<i>Acacia koa</i>	75,0
	2	0,7	<i>Psidium guajava</i>	3,0
	3	1,5	<i>Metrosideros collina</i>	9,0
	4	2,0	<i>Metrosideros collina</i>	23,0
4	1	3,1	<i>Acacia koa</i>	14,0
	2	1,7	<i>Psidium guajava</i>	6,0
	3	1,1	<i>Psidium guajava</i>	5,0
	4	1,9	<i>Acacia koa</i>	12,0
5	1	2,5	<i>Acacia koa</i>	23,0
	2	2,2	<i>Acacia koa</i>	18,0
	3	1,4	<i>Psidium guajava</i>	5,0
	4	2,8	<i>Metrosideros collina</i>	25,0
		Total	35,6	

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

Hasil:

Jarak Rerata (JR) =  $35,6/20 = 1,78$  m

Kerapatan absolut = Area/JR<sup>2</sup>

JR = jarak rerata

Jumlah pohon/ 100 m<sup>2</sup> =  $100/(1,78)^2 = 100/3,17 = 31,5$

Dominansi absolut = AD rerata per pohon x jumlah pohon dalam jenis

AD = area dasar

Jumlah pohon dalam jenis

JENIS	JUMLAH DALAM KUADRAN	JUMLAH POHON DALAM 100 M <sup>2</sup>
<i>Acacia koa</i>	6/20 = 0,3	0,3 x 31,5 = 9,4
<i>Metrosideros collina</i>	4/20 = 0,2	0,2 x 31,5 = 6,3
<i>Metrosideros tremuloides</i>	1/20 = 0,05	0,05 x 31,5 = 1,6
<i>Psidium guajava</i>	9/20 = 0,45	0,45 x 31,5 = 14,2
Total		31,5

**Tabel 7.5** Area dasar rerata menurut jenis untuk 20 pohon yang ditunjukkan dalam Tabel 7.4

ACACIA KOA		METROSIDEROS COLLINA		METROSIDEROS TREMULOIDES		PSIDIUM GUAJAVA	
DIAMETER (CM)	AD (CM <sup>2</sup> )	DIAMETER (CM)	AD (CM <sup>2</sup> )	DIAMETER (CM)	AD (CM <sup>2</sup> )	DIAMETER (CM)	AD (CM <sup>2</sup> )
42,5	1418	17,0	227	25,0	491	5,5	24
75,0	4418	9,0	64	--	--	4,0	13
14,0	154	23,0	415	--	--	5,0	20
12,0	113	25,0	491	--	--	5,0	20
23,0	415	--	--	--	--	4,0	13
18,0	254	--	--	--	--	3,0	7
--	--	--	--	--	--	6,0	28
--	--	--	--	--	--	5,0	20
--	--	--	--	--	--	5,0	20
Total ad	6772		1197		491		1656
Rerata ad	1129		299		491		18

Oleh karena itu, dominansi:

*Acacia koa*

$$1129 \times 9,4 = 10613 \text{ cm}^2$$

Peringkat dominansi

1

*Metrosideros collina*

$$299 \times 6,3 = 1884 \text{ cm}^2$$

2

*Metrosideros tremuloides*

$$491 \times 1,6 = 786 \text{ cm}^2$$

3

*Psidium guajava*

$$18 \times 14,2 = 256 \text{ cm}^2$$

4

---


$$13539 \text{ cm}^2/100 \text{ m}^2$$

$$\text{Frekuensi absolut} = \frac{\text{jumlah titik dengan jenis}}{\text{jumlah total titik}} \times 100$$

## Analisis Vegetasi di Lapangan

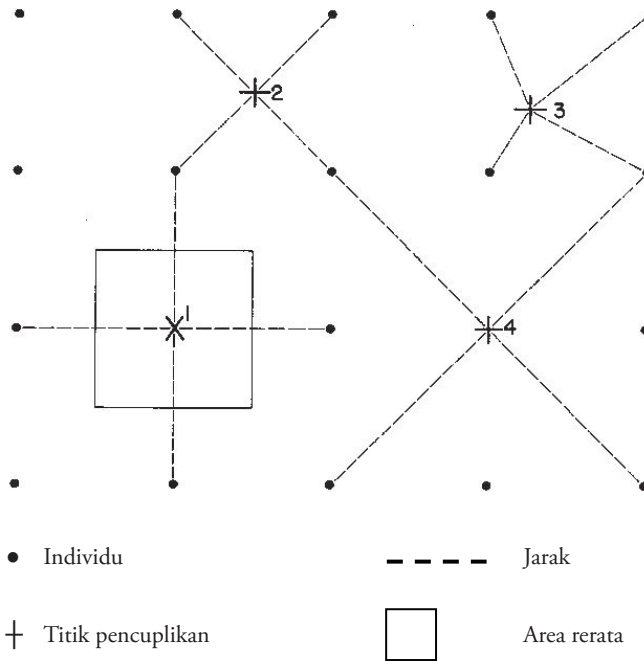
<i>Acaccia koa</i>	= $4/5 \times 100 = 80\%$
<i>Metrosideros collina</i>	= $3/5 \times 100 = 60\%$
<i>Metrosideros tremuloides</i>	= $1/5 \times 100 = 20\%$
<i>Psidium guajava</i>	= $5/5 \times 100 = 100\%$
	260%

Greig-Smith (1964) menyarankan untuk berhati-hati bila metode kuadran berpusat titik diterapkan kepada bentuk hidup terna, seperti rumput merumpun, karena individu-individu tersebar dalam kelompok sehingga kerapatan yang dihasilkan tidak akurat. Gejala ini didukung oleh Risser & Zedler (1968), yang menemukan bahwa di padang rumput Wisconsin yang jenisnya mempunyai **sebaran bertularan** (*contagious distribution*), metode kuadran berpusat titik secara konsisten menghasilkan taksiran jumlah individu yang rendah. Kemungkinan besar gejala tersebut terjadi karena titik-titik pencuplikan jatuh di antara rumpun-rumpun individu dan bukan di dalam rumpun dengan sebaran bertularan yang diameter rumpunnya kecil. Bila titik pencuplikan jatuh di antara rumpun, jarak tumbuhan terhadap titik akan lebih panjang dibandingkan dengan jarak rerata. Jarak yang lebih panjang menghasilkan taksiran area-rerata yang lebih besar sehingga mengakibatkan taksiran kerapatan yang lebih kecil.

Sebaliknya taksiran-tinggi (*overestimation*) jumlah individu terjadi bila individu-individu tersebar secara teratur. Ini ditunjukkan dalam Gambar 7.5. Dalam sebaran teratur segi-empat, seperti yang ditemukan dalam tegakan pohon tanaman, area-rerata yang benar diperoleh dengan menguadratkan jarak terpendek antara sembarang pohon. Hasil ini hanya akan diperoleh dengan titik pencuplikan 1 dalam Gambar 7.5. Penempatan seperti itu dapat terjadi sekali dari sekian banyak penempatan acak atau sama sekali tidak terjadi. Penempatan yang paling umum adalah antarpohon, seperti ditunjukkan oleh titik 2 dan 3. Dengan posisi seperti itu, jarak rerata dari empat kuadran dan karena itu area rerata juga akan selalu ditaksir terlalu rendah (*underestimated*). Ini akan menghasilkan taksiran kerapatan pohon yang terlalu tinggi. Hanya titik 4 akan menghasilkan taksiran-tinggi untuk jarak rerata dan karenanya taksiran-rendah bagi kerapatan, seperti ditemukan untuk individu yang tersebar bertularan. Supaya titik pencuplikan memperoleh hasil seperti ini, bukan saja titik pencuplikan harus jatuh pada pohon, melainkan juga garis khayal pemisah kuadran harus melalui titik pusat pohon-pohon terdekat, yang menjadikan pohon-pohon tersebut tidak sah untuk dimasukkan dalam cuplikan. Hal ini juga menunjukkan bahwa masalah

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

batas, seperti sering mencuat dalam metode petak, tidak dihilangkan sama sekali dengan metode kuadran berpusat titik ini. Meskipun demikian, sangatlah tidak mungkin bahwa posisi 4 akan terjadi secara acak. Alih-alih, kerapatan pohon akan selalu ditaksir-lebih dengan metode ini bila diterapkan kepada individu-individu dengan sebaran teratur. Hal ini berlaku juga untuk sebaran teratur yang berbentuk segi empat atau jajaran genjang.



**Gambar 7.5** Penerapan metode kuadran berpusat titik kepada individu-individu dengan sebaran teratur. Hanya titik pencuplikan 1 menghasilkan taksiran area rerata yang benar. Penjelasan lebih lanjut dalam teks.

### 7.6.6 MODIFIKASI UNTUK MELURUSKAN KETERBATASAN

Beberapa modifikasi telah disarankan untuk menanggulangi masalah pola dalam metode jarak agar dapat diperluas penerapannya terhadap penelitian populasi jenis tunggal. Modifikasi ini menggabungkan metode jarak titik-ke-tumbuhan dan jarak tumbuhan-ke-tumbuhan.

Catana (1963) merancang **metode kuadran mengembara** (*wandering quarter method*) yang dimulai dengan sebuah titik pencuplikan dan satu kuadran. Metode ini serupa dengan metode kuadran berpusat titik, tetapi hanya satu kuadran yang dibuat pada satu titik. Kuadran ini diletakkan pada arah kompas

yang telah ditentukan sebelumnya. Arah kompas membagi kuadran menjadi dua sektor  $45^{\circ}$ , dan pohon yang terdekat ke titik diukur dalam kuadran ini. Setelah itu, pohon terdekat ini menjadi vektor kuadran kedua yang diletakkan pada arah kompas yang sama dengan yang pertama. Jarak kedua diukur dari pohon pertama ke pohon terdekat di dalam kuadran tersebut. Prosedur ini dilakukan untuk 25 jarak dalam satu arah kompas.

Karena pohon terdekat mungkin jarang terdapat di tengah dalam kuadran pada garis kompas, tetapi biasanya terdapat di sembarang tempat dalam sudut pengeluaran (*exclusion*)  $90^{\circ}$ , maka arah jarak sangat mungkin bergeser pada garis zigzag tidak teratur. Karena pergeseran sepanjang transek ini, maka metode ini disebut metode kuadran mengembara.

Bila sebaran bertularan terjadi dalam 25 jarak yang diukur sepanjang transek, maka akan terdapat sederet jarak pendek di dalam rumpun dan satu atau lebih jarak panjang antara rumpun. Catana (1963) menguraikan bagaimana mendeteksi kedua macam jarak ini dan menyarankan perlunya koreksi untuk memperoleh jarak rerata yang realistik. Satu masalah adalah biasanya jumlah rumpun atau jarak antara rumpun rendah sehingga mungkin cuplikan tidak menghasilkan jumlah jarak yang secara statistik tidak sah untuk dibandingkan dengan jumlah jarak di dalam rumpun yang biasanya tinggi. Untuk itu, Catana menyarankan pencuplikan empat transek yang disusun membentuk kuadrat. Seratus jarak yang dihasilkan akan mengandung jumlah jarak rumpun yang cukup untuk dikoreksi bila polanya bertularan.

Catana menguji metode ini pada empat populasi buatan yang masing-masing terdiri atas 1.000 individu. Dalam populasi yang benar-benar acak, metode kuadran mengembara menaksir 1.025 individu. Dalam dua populasi yang sedikit bertularan taksiran masing-masing adalah 815 dan 836. Dalam populasi keempat yang cenderung teratur, taksirannya adalah 1.285 individu. Jadi metode ini dalam populasi yang sebarannya bertularan masih menaksir kerapatan sangat rendah dan dalam populasi yang sebarannya cenderung seragam menaksir kerapatan sangat tinggi.

Baru-baru ini, Batcheler (1971) menyarankan modifikasi lebih lanjut. Metode ini mengukur jarak ke individu terdekat dari titik pencuplikan. Dari individu ini jarak ke individu terdekat diukur, dan kemudian jarak ketiga diukur ke individu terdekat berikutnya. Oleh karena itu, tiga jarak diukur pada setiap titik pencuplikan—satu jarak titik-ke-tumbuhan dan dua jarak tumbuhan-ke-tumbuhan. Di sini jelas tidak digunakan kuadran dan sudut pengeluaran.

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

Batcheler mengemukakan bahwa jarak titik-ke-tumbuhan-terdekat (diulang beberapa kali) memberikan nilai jarak rerata yang sebenarnya bagi populasi acak dan dua jarak tambahan tumbuhan-ke-tumbuhan menyediakan data untuk koreksi penyimpangan dalam pola. Sebagai koreksi, ia menyarankan untuk membagi jumlah jarak titik baik dengan jumlah jarak tetangga-terdekat pertama dengan jumlah jarak tetangga-terdekat kedua dan menggunakan hasil bagi ini sebagai fungsi eksponensial.

Menurut uji kuadran berpusat titik oleh Cottam & Curtis (1956), jarak terdekat titik-ke-tumbuhan hanya memberikan 0,5 jarak rerata sebenarnya dalam populasi acak. Jarak rerata sebenarnya dapat diperoleh hanya dengan mengukur jarak titik-ke-tumbuhan dalam sudut pengeluaran  $90^{\circ}$ .

Metode Batcheler memerlukan pengujian intensif sebelum dapat direkomendasikan untuk digunakan secara umum.

Jelas bahwa berbagai metode jarak untuk menaksir kerapatan populasi tunggal masih dalam fase penelitian. Metode ini belum dapat diandalkan untuk populasi yang tidak acak. Berbagai metode jarak ini dimasukkan ke dalam pembahasan karena metode penelitian dapat diperluas untuk melingkup populasi yang tidak acak.

Namun, pembatasan-pembatasan tersebut tidak berlaku apabila jenis di dalam tegakan dicuplik bersama-sama. Jika diambil secara bersama-sama, pohon-pohon dalam suatu tegakan mendekati sebaran acak dan metode kuadran berpusat titik dapat diterapkan (Cottam & Curtis 1956).

Selanjutnya penting untuk diingat bahwa dengan metode jarak diperoleh dua perangkat data yang independen. Ketidakandalan tidak berlaku untuk pengukuran diameter dan frekuensi, yang tidak bergantung kepada jarak rerata yang benar. Oleh karena itu, area dasar per pohon dapat dihitung dengan akurat dari pengukuran diameter (penghitungan seperti pada Tabel 7.3, Bab 7.3.2 atau Tabel 7.5., Bab 7.6.4.), tetapi area dasar rerata per ekar atau hektare, yang diperoleh dengan mengalikan kerapatan, bergantung kepada pola sebaran. Metode kuadran berpusat titik telah banyak digunakan, meskipun taksiran kerapatan masih belum sepenuhnya terandalkan, karena data umumnya dinyatakan dalam nilai relatif. Ini akan dijelaskan lebih lanjut dalam Bab berikutnya.

Lindsey, Barton & Miles (1956) menunjukkan bahwa **petak bundar** seluas  $400 \text{ m}^2$  (0,1 *ekar*) yang dibuat dengan *range finder* lebih efisien untuk menaksir kerapatan dibandingkan dengan metode kuadran berpusat titik dalam tegakan

yang mudah terlihat karena tidak terhalang pertumbuhan bawah. Petak bundar juga mempunyai kelebihan karena ketelitian penghitungan kerapatan tidak banyak dipengaruhi oleh penyimpangan dari pola acak. Lindsey dkk menyarankan kombinasi teknik Bitterlich untuk area dasar dan petak bundar untuk kerapatan dan frekuensi sebagai metode kuantitatif yang paling efisien untuk tegakan hutan. Akan tetapi, saran ini bagus hanya untuk tegakan yang batang-batang pohonnya pada paras dada dapat dilihat dari titik pusat pencuplikan.\*

Diameter pohon diperlukan untuk analisis struktur. Ini dapat diukur dari pusat petak bundar dengan menggunakan alat Bitterlich seperti telah dijelaskan di muka (Gambar 7.2), tetapi jarak pandang dalam tegakan mungkin dibatasi oleh pertumbuhan bawah yang lebat. Dalam situasi demikian, baik metode transek maupun metode kuadran berpusat titik mungkin lebih efisien.

### 7.6.7 NILAI KEPENTINGAN\*\*

Dengan metode jarak dihasilkan tiga parameter kuantitatif, yaitu kerapatan, area dasar, dan frekuensi. Tentu saja parameter ini diperoleh juga dengan metode petak kuantitatif.

Masing-masing dari tiga parameter ini dapat diinterpretasikan sebagai **nilai kepentingan** (*importance value*) (Whittaker 1970). Ini bergantung kepada nilai mana yang dianggap peneliti sebagai yang paling penting bagi jenis tertentu, kelompok jenis, atau komunitas. Misalnya, semai-semai pohon mungkin terdapat dengan frekuensi tinggi dalam lapisan tumbuhan bawah, sedangkan dari segi penutupan mereka mungkin tidak penting. Tetapi, frekuensi yang tinggi mungkin penting sekali sebagai petunjuk tahap baru reproduksi yang tersebar merata. Dalam hal ini, frekuensi tinggi dapat diinterpretasikan sebagai petunjuk bahwa semai sangat penting.

Sementara itu, sudah menjadi praktik yang umum dalam studi kuantitatif dan deskriptif, yang memakai teknik pengukuran jarak, untuk menggunakan nilai kepentingan (menurut Curtis 1959) dalam penyajian hasil. Nilai kepentingan (N.K.) ini didefinisikan sebagai jumlah kerapatan relatif, frekuensi relatif dan dominansi relatif.

---

\* Untuk meletakkan petak bundar, hitung radius (R) dari area (A) sebagai  $R = \sqrt{(A/\pi)}$ . Contoh untuk petak 1 ekar  $R = \sqrt{(400 \text{ m}^2/3.14)} = 11.3 \text{ m}$ .

\*\* Dalam berbagai publikasi Indonesia telah digunakan secara kurang tepat istilah Nilai Penting sebagai terjemahan dari Importance Value, yang seharusnya dialihbahasakan sebagai Nilai Kepentingan (Kuswata Kartawinata)

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

Nilai absolut untuk kerapatan, dominansi dan frekuensi sudah didefinisikan dalam contoh metode kuadran berpusat titik (Bab 7.6.4) seperti ditunjukkan dalam halaman berikut.

$$1. \text{ Kerapatan relatif} = \frac{\text{jumlah individu sebuah jenis}}{\text{jumlah total individu}} \times 100$$

$$Acacia koa : \frac{9,5}{31,5} \times 100 = 30 \text{ persen}^{***}$$

$$Metrosideros collina : \frac{6,3}{31,5} \times 100 = 20 \text{ persen}$$

$$Metrosideros tremulloides : \frac{1,6}{31,5} \times 100 = 5 \text{ persen}$$

$$Psidium guajava : \frac{14,3}{31,5} \times 100 = \frac{45 \text{ persen}}{100 \text{ persen}}$$

$$2. \text{ Dominansi relatif} = \frac{\text{dominansi sebuah jenis}}{\text{dominansi semua jenis}} \times 100$$

$$Acacia koa : \frac{10.613}{13.539} \times 100 = 78,4 \text{ persen}$$

$$Metrosideros collina : \frac{1884}{13.539} \times 100 = 13,9 \text{ persen}$$

$$Metrosideros tremulloides : \frac{786}{13.539} \times 100 = 5,8 \text{ persen}$$

$$Psidium guajava : \frac{256}{13.539} \times 100 = 1,9 \text{ persen}$$

$$3. \text{ Frekuensi relatif} = \frac{\text{frekuensi sebuah jenis}}{\text{jumlah frekuensi semua jenis}} \times 100$$

$$Acacia koa : \frac{80}{260} \times 100 = 30,8 \text{ persen}$$

$$Metrosideros collina : \frac{60}{260} \times 100 = 23,1 \text{ persen}$$

---

\*\*\* Perhatikan, sama dengan jumlah keterdapatan jenis dalam kuadran



## Analisis Vegetasi di Lapangan

$$Metrosideros tremuloides \quad : \frac{20}{260} \times 100 = 7,7 \text{ persen}$$

$$Psidium guajava \quad : \frac{100}{260} \times 100 = \frac{38,5 \text{ persen}}{100,1 \text{ persen}}$$

4. Nilai kepentingan (N.K.) = kerapatan relatif + dominansi relatif + frekuensi relatif.

	KERAPATAN RELATIF	DOMINANSI RELATIF	FREKUENSI RELATIF	N.K.	Peringkat N.K.
<i>Acacia koa</i>	30,0	78,4	30,8	139,2	1
<i>Metrosideros collina</i>	20,0	13,9	23,1	57,0	3
<i>Metrosideros tremuloides</i>	5,0	5,8	7,7	18,5	4
<i>Psidium guajava</i>	45,0	1,9	38,5	85,4	2

Nilai kepentingan dapat dikonversikan menjadi apa yang disebut **persentase kepentingan** (*percentage of importance*) dengan membagi nilai kepentingan dengan tiga (Risser & Rice 1971).

Nilai kepentingan suatu jenis mencapai maksimum 300 dalam suatu tegakan yang hanya terdiri atas satu jenis pohon. Dua tegakan monodominan (jenis pohon tunggal) dengan jumlah pohon berbeda per hektare dan area dasar berbeda akan mempunyai nilai kepentingan yang sama untuk masing-masing jenis.

Nilai kepentingan tidak menyampaikan perbedaan kuantitatif, tetapi menggabungkan perbedaan kuantitatif segera setelah jenis pohon kedua muncul dalam tegakan. Dua tegakan, masing-masing terdiri atas dua jenis yang sama, tidak akan pernah menunjukkan nilai kepentingan yang sama per jenis. Misalnya, salah satu dari dua jenis mungkin hadir dengan jumlah individu yang persis sama, area dasar sama, dan frekuensi sama, tetapi area dasar jenis yang kedua di dua tegakan berbeda. Ini membuat nilai kepentingan jenis pertama juga berbeda untuk masing-masing tegakan. Kesenjangan antara dua tegakan bertambah besar dengan setiap penambahan jenis. Penjumlahan tiga parameter menjadi satu mempunyai efek peningkatan perbedaan-perbedaan antara jenis yang sama di antara tegakan-tegakan dengan komposisi jenis yang sama. Oleh karena itu, nilai kepentingan mendukung pandangan individualistik.

Penggunaan nilai relatif bukan parameter yang sebenarnya mempunyai nilai informasi terbatas. Vegetasi rimbun dan vegetasi jarang dapat mempunyai kerapatan relatif, area dasar relatif, dan frekuensi relatif yang sama. Oleh karena

itu, nilai kepentingan tidak memberikan informasi tentang biomassa atau penutupan jenis, yang dianggap mempunyai nilai ekologi lebih penting dalam sebaran tumbuhan ketimbang kerapatan absolut (Fosberg 1961; Rice 1967; Daubenmire 1968).

## **7.7 CONTOH PUSTAKA TENTANG ANALISIS LAPANGAN KUANTITATIF DI AMERIKA UTARA**

Berlawanan dengan contoh analisis semikuantitatif releve sebuah tegakan hutan yang diberikan dalam Bab 5, analisis kuantitatif lapangan tidak dapat diuraikan secara memadai hanya dengan menyimak satu contoh. Alasan utamanya adalah bahwa macam-macam analisis bervariasi sesuai dengan tujuan—apakah vegetasi diperlakukan untuk klasifikasi, ordinasi, suksesi dan struktur populasi, atau tujuan lain.

Pengukuran salah satu atau semua parameter kuantitatif sudah pasti dapat diterapkan kepada petak-petak kecil releve yang digunakan di Eropa dengan cara yang sama seperti diterapkan kepada tegakan cuplikan yang berukuran lebih besar untuk analisis kesinambungan atau kontinum. Akan tetapi, pengukuran yang lebih akurat ini memerlukan lebih banyak waktu. Oleh karena itu, perimbangan waktu untuk membuat pengukuran kuantitatif terhadap tujuan studi selalu penting. Jika tujuan utama adalah memertelakan vegetasi yang mencakup sekumpulan tumbuhan yang terdapat secara berulang atau untuk melukiskan variasi spasial tipe vegetasi, tampaknya lebih tepat memanfaatkan waktu untuk menerapkan lebih banyak releve dalam pembuatan taksiran semikuantitatif ketimbang menyajikan hanya beberapa releve dengan evaluasi kuantitatif yang akurat. Ini berdasarkan observasi bahwa vegetasi bervariasi dari satu tempat ke tempat lain, bahkan bila kita mencuplik untuk merekam kesamaan atau kemantapan pola. Selanjutnya analisis kuantitatif yang objektif tidak menghilangkan kenyataan bahwa seleksi area cuplikan adalah subjektif.

Bila tujuannya untuk menentukan kecenderungan perkembangan atau suksesi populasi tumbuhan berkayu dalam komunitas hutan, untuk analisis struktur sangat penting dicacah berbagai jenis tumbuhan berkayu menurut kelas ukuran. Berbeda dengan tumbuhan berkayu, kecenderungan perkembangan jenis tumbuhan terna hanya dapat dianalisis dengan evaluasi berkala pada petak-petak permanen. Untuk maksud tersebut pengukuran lebih tepat ketimbang taksiran. Pengukuran juga sangat tepat digunakan untuk perbandingan yang cermat antarkomunitas yang serupa.

Lima contoh yang tidak rumit tentang analisis kuantitatif tegakan hutan dan tiga komunitas nir-hutan disimak dari literatur untuk menampilkan kecenderungan utama. Sebenarnya lebih banyak lagi variasi. Pada kenyataan hampir setiap masalah khusus memerlukan modifikasi metode. Dengan alasan ini disarankan bahwa teknik-teknik yang dipertelakan sebelumnya hendaknya digunakan sebagai pilihan kreatif untuk pertanyaan spesifik ketimbang sebagai alat yang kaku bagi berbagai situasi. Metode kuantitatif-deskriptif akan dibandingkan dengan metode releve dalam kesimpulan (Bab 7.7.3).

### 7.7.1 KOMUNITAS HUTAN

Berikut adalah lima contoh analisis kuantitatif dalam tegakan hutan.

#### 7.7.1.1 *Vegetasi Hutan di Amerika Utara Bagian Barat (Daubenmire)*

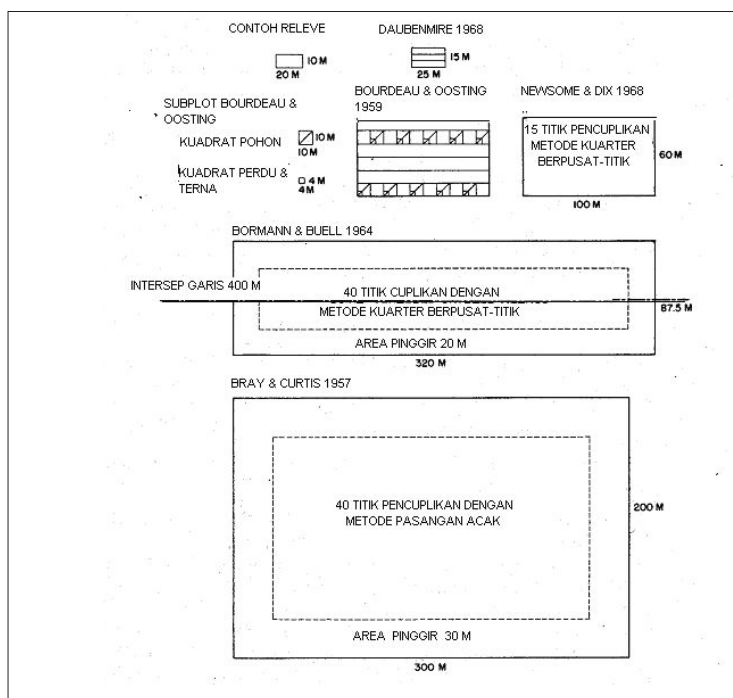
Selain dari penilaian kelas penutupan serupa dengan skala Braun-Blanquet dalam nilai dan penerapan (Bab 5.4.2), Daubenmire (1968) menggunakan pengukuran kuantitatif bila tujuan analisis lebih dari klasifikasi asosiasi. Untuk ini ia menggunakan petak itu masing-masing berukuran 15 x 25 m dalam vegetasi hutan Washington dan Idaho. Petak seluas 375 m<sup>2</sup> ini dibagi menjadi tiga jalur masing-masing berukuran 5 x 25 m (Gambar 7.6). Dalam jalur-jalur ini, pohon dengan tinggi 1 m (yaitu dari ukuran belta) ke atas dihitung berdasarkan kelas diameter-setinggi-dada (dsd). Untuk perdu dan terna, frekuensi ditentukan dalam anak-petak 20 x 50 cm (0,1 m<sup>2</sup>) yang diletakkan secara sistematis dengan interval 1 m sepanjang dua sisi jalur tengah 5 x 25 m. Ini menghasilkan 50 kerangka 0,1 m per petak atau total luas cuplikan 5 m<sup>2</sup>.

Tumbuhan bawah yang lebih melimpah dan tersebar merata dievaluasi secara objektif dengan cara tersebut. Semua tumbuhan yang terdapat di luar kerangka frekuensi ditambahkan kepada daftar jenis. Penutupan ditaksir dalam masing-masing kerangka.

Daubenmire menggunakan segmentasi vegetasi yang cermat dan tepat seperti yang diterapkan oleh Krajina (1965, 1969) di Canada bagian barat, oleh Grandtner (1966) di Quebec, dan di dalam studi vegetasi di Eropa. Daubenmire kemudian menempatkan petaknya di tengah-tengah segmen vegetasi. Jadi, studi komunitas pada dasarnya adalah analisis releve dalam komunitas yang terdapat berulang.

### 7.7.1.2 Hutan Kayukeras - Tsuga (*Bormann & Buell*)

Sebagian besar analisis kuantitatif menekankan kepada pertelaan akurat tentang variasi di seluruh komunitas-dominansi (*dominance community*) yaitu komunitas yang dicirikan hanya oleh jenis dominan, yang didefinisikan secara luas. Tidak seperti analisis releve, yang berdasarkan homogenitas dan keseragaman vegetasi bawah, dalam analisis tersebut cuplikan disebar ke area yang lebih luas.



Gambar 7.6 Perbandingan ukuran tegakan cuplikan

Misalnya Bormann & Buell (1964) mencuplik 28.000 m<sup>2</sup> (tujuh ekar) tegakan hutan kayu keras-*Tsuga* (*Tsuga canadensis* - *Fagus*, *Fraxinus*, *Betula Ulmus*, *Tilia*) di Vermont sebagai berikut: Pohon-pohon dengan dsd  $\geq 10$  cm dicuplik dengan metode kuadran berpusat titik (Bab 7.6.3) pada 40 titik cuplikan. Titik-titik cuplikan diletakkan sepanjang 12 **garis-dasar** (*base-line*), yang satu dan lainnya berjarak 23 m. Jarak antara titik-titik cuplikan adalah 20 m dan tidak ada yang berjarak kurang dari 20 m dari batas. Gambar 7.6 melukiskan dimensi unit cuplikan seluas 28.000 m<sup>2</sup> tersebut.

Pohon-pohon kecil (dsd antara 2,5 dan 10 cm) dan belta (antara tinggi 30 cm dan dsd 2,5 cm) dihitung pada setiap titik cuplikan dalam kuadrat 1 x 10 m. Semai pohon dengan tinggi kurang 30 cm dihitung dalam 50 kuadrat 0,5 x 2 m

yang diletakkan dengan interval 15 m di sepanjang garis-dasar. Penutupan diukur dengan metode intersep-garis untuk dua lapis pohon dan satu lapis perdu. Dua lapis pohon didefinisikan sebagai pohon dengan tinggi 3,6 sampai 12 m dan 12 sampai 32 m. Dua lapis pohon ini diukur pada garis 400 m yang membentang pada arah panjang tegakan. Penutupan perdu, yang mungkin termasuk tumbuhan berkayu dengan tinggi kurang dari 3,6 m, diukur sepanjang garis 10 m pada setiap titik dari 40 titik cuplikan. Tumbuhan terna dianalisis dengan kuadrat 0,5 x 2 m, sama seperti analisis untuk semai. Individu terna tidak dihitung, tetapi penutupannya ditaksir dengan 50 kuadrat. Selain itu, semua terna yang ada dalam tegakan juga didaftar. Jadi, rancangan pencuplikan adalah sistematika untuk menjamin analisis yang seragam di seluruh komunitas seluas 2.800 m<sup>2</sup> tersebut. Selain dari pengukuran 160 jarak, pohon-pohon yang lebih kecil dihitung dalam area 400 m<sup>2</sup> dan untuk semai dalam area 50 m<sup>2</sup>. Penutupan terna ditaksir dalam area 50 m<sup>2</sup> dan untuk tumbuhan berkayu pada garis sepanjang 400 m.

Tujuan studi tersebut terutama memertelakan tegakan dengan metode modern untuk analisis vegetasi dan untuk menentukan kecenderungan suksesi dalam tegakan tersebut. Tujuan kedua telah dicapai dengan baik dengan analisis struktur (seperti jumlah individu per kelas ukuran) untuk tumbuhan berkayu.

### **7.7.1.3 Hutan Pasang, Carolina Utara (Bourdeau & Oosting)**

Bourdeau & Oosting (1959) menelaah hutan pasang (*live oak* = *Quercus virginicus*) di Carolina Utara. Ini juga merupakan komunitas-dominansi yang terdapat sebagai vegetasi yang sudah stabil di bukit pasir di daerah pesisir. Tujuh belas tegakan atau lokasi dipertelakan dengan daftar jenis dan lima dari tegakan ini dianalisis secara kuantitatif. Kelima tegakan ini dipilih karena dianggap cukup luas. Di setiap tegakan dibuat blok 60 x 100 m (1,5 ekar) dan dibagi menjadi enam 10 x 100 m lajur (Gambar 7.6). Dua dari enam lajur ini kemudian dipilih secara acak dan disekat-sekat menjadi bagian-bagian dengan panjang 10 m. Sepanjang setiap lajur ini lima kuadrat 10 x 10 m diletakkan secara berseling sehingga diperoleh area cuplikan total 1.000 m<sup>2</sup>. Dalam cuplikan ini, semua tumbuhan berkayu dengan dsd lebih besar dari 2,5 cm dihitung menurut diameter. Tumbuhan berkayu dengan dsd kurang dari 2,5 cm tidak dihitung, tetapi penutupan tajuknya ditaksir bersama-sama dengan terna dalam petak-petak 4 x 4 m yang diletakkan di salah satu sudut yang telah ditentukan sebelumnya dalam kuadrat 100 m<sup>2</sup>. Jadi, area total yang dicuplik untuk tumbuhan bawah adalah 160 m<sup>2</sup>. Jenis yang terdapat di luar kuadrat dicatat juga.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat analisis rinci struktur komunitas dan tidak ada upaya untuk membedakan pola-pola dalam tumbuhan bawah.

#### **7.7.1.4 Hutan Tanah Tinggi di Bagian Selatan Wisconsin (Bray & Curtis)**

Bray & Curtis (1957) mencuplik **hutan tanah tinggi** (*upland forest*) bagian selatan Wisconsin untuk analisis kontinum dan ordinasi. Ini adalah hutan campuran kayu keras yang mengandung 16 jenis pohon berdaun lebar yang umum atau prevalen. Untuk maksud tersebut seluruh kawasan hutan kayu keras yang mencakup setengah Wisconsin bagian selatan dianggap satu komunitas. Kawasan hutan ini dibagi menjadi subseksi geografi agar pencuplikan seimbang. Di dalam kawasan ini dipilih 59 tegakan yang luasnya paling tidak 6 hektare (15 ekar) (Gambar 7.6). Tegakan-tegakan ini tidak terganggu dan terdapat pada tanah dengan drainase baik dan lapisan pohon homogen.

Dalam setiap tegakan pohon dan semua tumbuhan berkayu dengan dsd di atas 10 cm dicuplik dengan metode pasangan-acak pada 40 titik cuplikan. Dengan cara ini terukur 40 jarak dan 80 pohon diidentifikasi dan diukur diameternya. Sebanyak 40 titik cuplikan diletakkan dengan interval yang telah ditentukan sebelumnya pada garis yang dimulai paling tidak 30 m dari tepi hutan. Frekuensi perdu dan terna diperoleh dari 20 kuadrat 1 x 1 m yang diletakkan pada titik cuplikan secara berseling.

#### **7.7.1.5 Hutan Cypress Hills, Alberta, dan Saskatchewan (Newsome & Dix)**

Newsome & Dix (1968) membuat deskripsi hutan ini. Tidak seperti di hutan campuran Amerika Utara bagian timur, hutan di Kanada ini didominasi hanya oleh tiga jenis, *Picea glauca*, *Pinus contorta*, dan *Populus tremuloides*. Jenis-jenis ini sering membentuk tegakan yang monodominan, tetapi campuran *Pinus-Populus* dan *Picea-Populus* biasa juga terdapat.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menelaah komposisi jenis pada habitat-habitat yang tertutup hutan untuk menjelaskan pola-pola variasi floristik dengan teknik ordinasi dan mengaitkannya dengan lingkungan.

Tegakan yang dapat dicuplik harus memenuhi enam syarat berikut:

- Kanopi pohon harus menutup paling tidak 60% dari permukaan tanah.
- Tegakan yang belum matang tidak dimasukkan.
- Tegakan harus mencakup paling tidak 0,6 hektare (1,5 ekar) (Gambar 7.6).

## Analisis Vegetasi di Lapangan

- Komposisi jenis harus menunjukkan homogenitas (ditentukan secara subjektif).
- Demikian pula habitat harus seragam, misalnya tegakan dengan variasi mikrotopografi melebihi 50 tidak dimasukkan.
- Tegakan yang terganggu angin, kebakaran, atau penebangan tidak dimasukkan; tegakan yang sedikit terganggu dapat diterima.

Tegakan cuplikan dibuat di seluruh hutan Cypress Hill supaya mencakup sebanyak mungkin variasi komposisi jenis dan habitat yang dapat dibedakan.

Tujuh puluh sembilan tegakan dipilih dengan cara berikut. Pohon-pohon dengan  $d_{sd} \geq 9.4$  cm (3,7 inci)<sup>\*\*\*\*</sup> dicuplik dengan metode kuadran berpusat titik untuk memperoleh data kerapatan (jumlah/luas), area dasar (dominansi), dan frekuensi. Jumlah titik cuplikan adalah 15, sehingga pohon diukur dalam setiap tegakan adalah 60 (garis besar dan interval antara titik pencuplikan tidak dilaporkan). Lima belas titik cuplikan memberi hasil yang terletak dalam 5% dari 30 titik cuplikan.

Belta, yang diklasifikasikan sebagai pohon dengan  $d_{sd}$  antara 2.5 dan 9,3 cm (1-3,6 inci) dicuplik di setiap titik dengan kuadrat seluas 50,2 m<sup>2</sup>. Metode kuadrat digunakan bila dua persyaratan untuk metode kuadran berpusat titik tidak dapat dipenuhi:

- Bahwa sebuah individu terletak di dalam setiap kuadran.
- Bahwa sebuah individu tidak boleh diukur dua kali.

Karena belta jarang dalam kebanyakan tegakan, maka digunakan metode kuadrat.

Semai, perdu, dan terna direkam dengan frekuensi dengan menggunakan bingkai 0.5x0.5 m, yang diletakkan 30 kali di setiap tegakan; 30 kuadrat seperti itu memberikan hasil dengan rerata terletak dalam 10% dari 50 kuadrat. Selain itu, semai dalam setiap kuadrat juga dihitung.

### 7.7.2 KOMUNITAS TERNA DAN PERDU RENDAH

Berikut adalah tiga buah contoh analisis kuantitatif pada komunitas bukan hutan.

#### 7.7.2.1 *Komunitas Alpin di New Hampshire (Bliss)*

Selama ia membuat survei pendahuluan pada komunitas di atas batas pertumbuhan pohon, Bliss (1963) melihat adanya kontinum atau kesinambungan

---

<sup>\*\*\*\*</sup>Ini adalah batas kelas bawah pohon berdiameter 10 cm atau 4 inci, yang biasanya dipakai sebagai titik batas untuk kelas pohon berukuran besar.

dan diskontinum atau ketidaksinambungan pada komunitas alpin. Berdasarkan fakta ini, ia memisahkan komunitas-komunitas tersebut secara umum menjadi segmen-segmen. Kemudian ia menentukan blok-blok masing-masing berukuran  $6 \times 10$  m di dalam segmen-segmen tersebut, yang merupakan perwakilan tipe komunitas khusus. Oleh karena itu, petak-petak ditentukan secara subjektif. **Bonjolan-bonjolan batu** (*rock outcrops*) dan ekoton (zona transisi) dihindari. Dalam blok  $6 \times 10$  m ini, ia membuat plot-plot yang masing-masing berukuran  $4 \times 8$  m. Karena tumbuhan di daerah alpin ini kecil-kecil, diperkirakan plot seluas  $32 \text{ m}^2$  memenuhi persyaratan area minimum. Tetapi, untuk analisis kuantitatif, masing-masing pinggir petak yang panjangnya 8 m dibagi menjadi jalur-jalur dengan lebar 1 m tegak lurus pada lereng. Dari jalur-jalur ini dipilih 4 buah secara acak sebagai cuplikan dan dengan cara ini area-cuplikan diperkecil menjadi  $16 \text{ m}^2$ . Dalam jalur  $1 \times 4$  m, ia menghitung jumlah individu setiap jenis dalam 5 buah petak yang masing-masing luasnya  $20 \times 50$  cm ( $0,1 \text{ m}^2$ ). Petak-petak ini ditempatkan secara sistematis dengan interval 0,5 m sepanjang tepi masing-masing jalur  $4 \times 1$  m. Dengan demikian, jumlah semua petak yang ditempatkan di setiap plot adalah 20 dengan luas total  $2 \text{ m}^2$ .

Diragukan bahwa plot ini memenuhi persyaratan area minimum. Tandan rumput-rumputan dan teki-tekiian dihitung sebagai individu. Individualitas perdu-kerangas tidak dapat dipastikan, karena itu dihitung berdasarkan batang, sehingga yang dihitung dapat merupakan campuran cabang dan individu. Penutup ditaksir dengan proyeksi tegak lurus. bagan taruk tumbuhan dalam setiap kuadrat. Karena ini diulang 20 kali dalam area  $2 \text{ m}^2$ , rerata persentase penutup barangkali dinilai cukup teliti, tetapi ini ditaksir, bukan diukur. Kerapatan dihitung dari 20 kuadrat dan frekuensi diperoleh sebagai hasil-samping analisis kerapatan.

Pencuplikan yang diterapkan Bliss tampaknya merupakan kombinasi antara metode releve dan teknik pencuplikan kuantitatif yang biasa digunakan di Amerika Utara. Kesamaan dengan metode releve terletak pada stratifikasi yang cermat untuk komunitas-komunitas yang terdapat secara berulang, area pencuplikan awal yang kohesif, dan petak kecil seluas  $32 \text{ m}^2$ . Ini tentu saja diperlukan mengingat analisis kerapatan yang memakan banyak waktu.

Analisis ini bertujuan memertelakan berbagai komunitas di kawasan alpin sebagai bagian dari proyek yang lebih besar tentang produktivitas tumbuhan. Analisis kerapatan yang terinci diperlukan untuk studi produktivitas. Tetapi, untuk tujuan pertelaan komunitas saja akan lebih efisien dengan membuat daftar semua jenis tumbuhan yang terdapat dalam petak  $32 \text{ m}^2$  daripada hanya mencatat



jenis yang terdapat dalam petak 2 m<sup>2</sup> di setiap blok dan kemudian dibuat analisis semikuantitatif. Dengan pendekatan demikian banyak waktu dapat dihemat, lebih banyak plot dapat dianalisis, serta klasifikasi komunitas yang lebih teliti dan lengkap dapat dibuat. Ini bukan kritik, melainkan hanya klarifikasi tentang metode dalam kaitan dengan tujuan penelitian. Analisis kuantitatif belum tentu selalu lebih baik meskipun sering disenangi tak lain karena kuantitatif.

### **7.7.2.2 *Komunitas Terna Lahan-Basah, Saskatchewan (Walker & Wehrhan)***

Komunitas terna lahan-basah didefinisikan Walker & Wehrhan (1971) sebagai komunitas campuran teki-teki, rumput-rumputan, dan terna berdaun lebar. Komunitas tersebut terdapat di cekungan-cekungan yang secara musiman basah dan dikelilingi oleh ladang gandum yang luas di daerah prairi Kanada. Luas cekungan tersebut berkisar dari hanya beberapa meter persegi hingga beberapa hektare.

Tujuan penelitian komunitas ini adalah untuk menganalisis variasi floristik dari satu tempat ke tempat lain dalam kaitannya dengan faktor edafik.

Tegakan pencuplikan dipilih berdasarkan kriteria berikut: (a) tidak ada tanda-tanda nyata bekas budi daya pada masa lampau, (b) tidak ada tanda-tanda penggembalaan dan pembabatan yang dahsyat, (c) terbatas pada komunitas lahan-basah yang tidak ekstrem (yang disebut rawa dangkal dan padang rawa), dan (d) salinitas rendah. Dipilih sebanyak 34 tegakan di sekitar Saskatoon. Di setiap tegakan, frekuensi jenis dianalisis dengan menempatkan 20 petak yang masing-masing luasnya 0,25 m<sup>2</sup>. Jumlah petak yang diletakkan hanya sedikit, tetapi dianggap cukup mengingat variasi antartegakan (bukan di dalam tegakan) besar. Data vegetasi diproses dengan teknik ordinasasi.

Total cuplikan hanya seluas 5 m<sup>2</sup> per tegakan, yang barangkali lebih kecil dari area minimum untuk komunitas ini, tetapi jenis yang terdapat di luar petak dicatat juga. Ukuran tegakan tidak disebutkan, kecuali dikatakan bahwa tegakan berkisar dari beberapa meter persegi sampai beberapa hektare. Karena itu, sangat mungkin bahwa komunitas dengan komposisi yang sedikit (karena area terlalu kecil) dimasukkan sebagai tegakan cuplikan. Bagan tegakan mungkin sama dengan komunitas secara keseluruhan. Tidak ada informasi bagaimana petak-petak diletakkan. Sangat mungkin bahwa petak-petak tersebut diletakkan dalam formasi terpencah secara sistematis di dalam tegakan, terkumpul di tengah-tengah, atau disebar secara acak di semua tegakan yang ukurannya berbeda-beda.

### 7.7.2.3 *Komunitas Perdu dan Rumput di Montana (Branson, Miller & McQueen)*

Penelitian yang dilakukan Branson, Miller & McQueen (1970) adalah mengenai pola komunitas pada lahan kering di zona semi-gersang yang beriklim sedang dan sejuk di bagian tengah-barat (*mid-western*) Amerika Serikat. Pola-pola tersebut terdiri atas mozaik komunitas rumput dan komunitas perdu-pendek *Artemisia (sagebrush)* dan *Atriplex (saltbush)*. Sebaliknya, dari komunitas lahan-basah yang tidak sinambung di Saskatchewan, komunitas pada lahan kering di Montana membentuk pola yang sinambung.

Seperti pada penelitian yang diuraikan sebelumnya, penelitian Branson dkk. ini bertujuan untuk menelaah variasi pola floristik dalam kaitannya dengan faktor edafik untuk mencari penjelasan lingkungan tentang sebaran tumbuhan secara lokal.

Sejak semula mereka mengenal 14 komunitas yang dominan, yang dibagi menjadi kelompok lahan rendah dan lahan tinggi. Semua komunitas dicuplik dengan metode intersep-titik. Tujuh komunitas lahan tinggi dicuplik dengan transek sepanjang 329 m. Komunitas lahan rendah lebih tersebar, oleh karena itu dicuplik dengan transek sepanjang 15 m yang diletakkan secara sistematis.

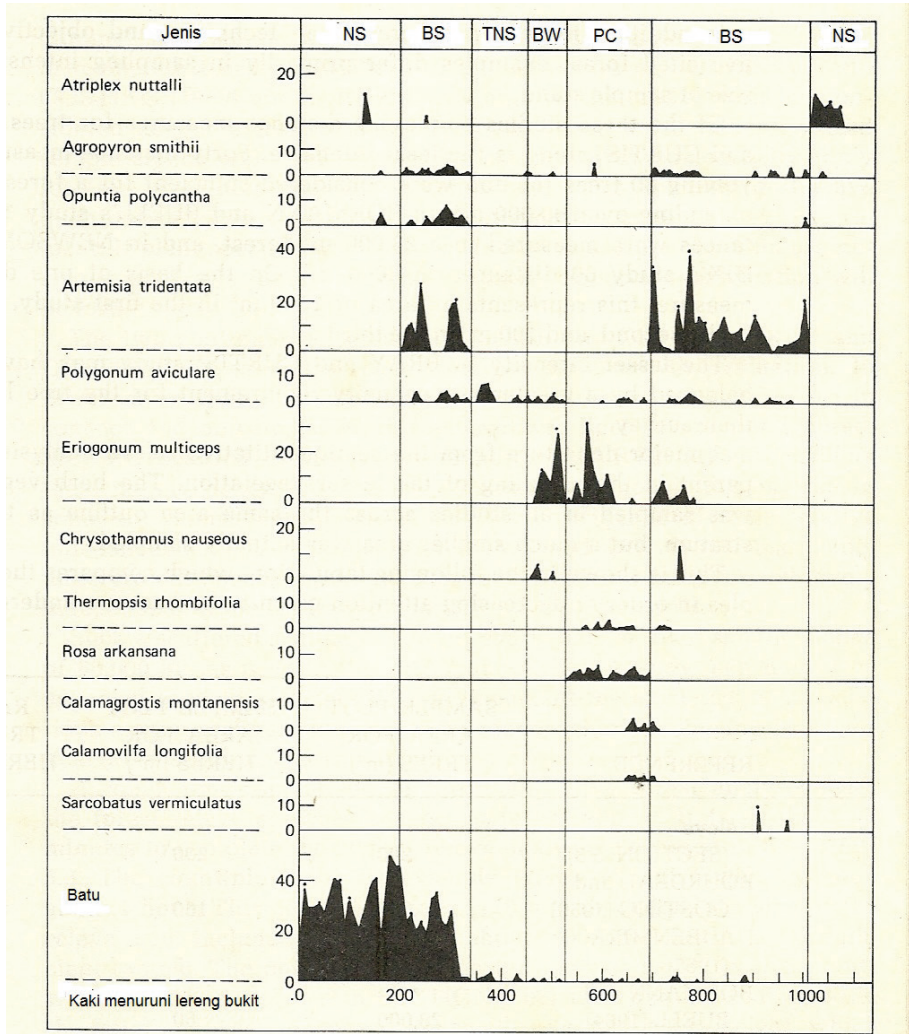
Pencuplikan dengan metode intersep-titik dilaksanakan dengan sebuah kerangka dengan 10 jarum tegak yang dideretkan dengan interval 5 cm. Untuk itu, digunakan 20 titik per panjang transek satu meter. Ini merupakan pencuplikan dengan intensitas tinggi. Hasil yang sama barangkali akan diperoleh 10 titik atau bahkan 5 titik per meter.

Hasil penelitian komunitas lahan tinggi ditunjukkan dalam Gambar 7.7. Tercatat 12 jenis tumbuhan. Sebaran sebenarnya dari jenis tersebut sepanjang transek 329 m (1.080 kaki) ditunjukkan dan kuantitas jenis disajikan dalam bentuk diagram persentase penutup (diwarnai hitam). Batas-batas komunitas ditarik secara subjektif pada langkah akhir penyiapan Gambar 7.7. Oleh karena itu, skema tersebut bukan klasifikasi objektif, melainkan gambar jelas menunjukkan ketidaksinambungan komunitas seperti diperlihatkan oleh batas-batas vegetasi. Pembaca juga akan mengenal dengan mudah konsep klasifikasi para peneliti ini, yang berdasarkan perubahan dominansi spasial (penutup taruk) jenis. Komunitas *Atriplex nuttallii* yang pertama dan terakhir berbeda terutama karena kehadiran komponen batu yang tinggi pada komunitas pertama. Dengan demikian, ini semua adalah **komunitas dominansi** (*dominance communities*),

## Analisis Vegetasi di Lapangan

bukannya komunitas yang diidentifikasi dan diklasifikasi menurut jenis pembeda (lihat Bab 9).

Dalam studi ini, seperti dalam studi sebelumnya, ukuran tegakan cuplikan tidak disebutkan. Alih-alih sebagai area acuan kita dapat menganggap seluruh komunitas dominansi yang diteliti sebagai satu kesatuan transek titik-titik.



Keterangan: NS = Komunitas Nutall Saltbush (*Atriplex nuttalli*); BS = Komunitas Big Sagebrush (*Artemisia tridentata*); BW = Komunitas Buckwheat (*Eriogonum multiceps*); PC = Komunitas Perdu Campuran; TNS = Komunitas Terna Nir-rumput Semusim (*Annual forbs*).

**Gambar 7.7** Kelimpahan jenis dan kontak dengan batu untuk jenis lahan tinggi (dari Branson, Miller dan McQueen 1970; 393. Direproduksi dengan izin dari *Ecology*).

### 7.7.3 KESIMPULAN

Banyak variasi analisis kuantitatif lapangan dapat dikutip, tetapi kecenderungan utama dan perbedaan-perbedaan utama analisis releve kiranya sekarang sudah jelas.

#### 7.7.3.1 *Komunitas Hutan*

Dalam analisis kuantitatif sejauh ini banyak ditekankan pada lapisan pohon dalam komunitas hutan. Lapisan pohon dicuplik dari tegakan hutan yang luas, biasanya sepanjang transek, tetapi sering juga dicuplik dengan titik-titik acak atau kuadrat. Telah dikemukakan bahwa kita menggunakan kuadrat 10 x 10 m untuk menghitung pohon menurut jenis dan kelas diameter. Kemudian kuadrat 10 x 10 m diganti dengan metode-jarak, yang memerlukan lebih sedikit waktu, meskipun keuntungan ini tidak selalu jelas (Lindsey, Barton & Miles 1958). Dalam hutan dengan komunitas perdu bawah yang jarang, kerapatan akan lebih cepat ditaksir dengan metode transek-sabuk atau petak-bundar (dengan *range-finder*) dibandingkan dengan metode titik dan jarak. Oleh karena itu, petak akan memberikan taksiran kerapatan yang lebih akurat. Tumbuhan berkayu kecil dan terna dalam komunitas hutan biasa direkam dengan kuadrat. Ukuran kuadrat dapat disesuaikan dengan tinggi lapisan. Perdu dan pohon kecil sering direkam dengan kuadrat berukuran 16, 10, atau 4 m<sup>2</sup> dan terna dengan kuadrat seluas 1 m<sup>2</sup> atau 0,1 m<sup>2</sup>. Tumbuhan lapisan bawah umumnya dianalisis dengan penutup bukan kerapatan, dan lebih sering lagi frekuensi dianggap memadai untuk keperluan deskripsi.

Selain perbedaan-perbedaan dalam teknik dan tujuan, lima contoh hutan yang dikutip di atas berbeda terutama dalam intensitas pencuplikan dan ukuran tegakan cuplikan.

Dari tiga studi yang menggunakan pengukuran jarak untuk pohon-pohon, studi Bray & Curtis adalah yang paling tidak intensif. Empat puluh pengukuran

## Analisis Vegetasi di Lapangan

jarak yang melibatkan 80 pohon dengan pengukuran dsd dianggap memadai untuk hutan seluas 60.000 m<sup>2</sup>. Dalam penelitian Borman & Buel diukur 160 jarak dalam hutan seluas 28.000 m<sup>2</sup> dan dalam studi Newsome & Dix digunakan 60 jarak dalam area 6.000 m<sup>2</sup>. Pengukuran satu jarak mewakili area 1.500 m<sup>2</sup> dalam studi yang pertama, 175 m<sup>2</sup> dalam yang kedua, dan 100 m<sup>2</sup> dalam yang ketiga.

Intensitas yang rendah dalam studi Bray & Curtis diimbangi dengan persyaratan homogenitas yang lebih tinggi untuk lapisan pohon.

Penyimpangan analisis releve yang semikuantitatif jelas dalam pencuplikan vegetasi rendah. Vegetasi terna dalam semua studi dicuplik di seluruh tegakan yang dirangkum untuk lapisan pohon, tetapi sebenarnya yang dicuplik hanya area yang lebih kecil. Hal tersebut ditunjukkan dalam tabulasi berikut, yang membandingkan contoh-contoh yang diurut menurut perhatian yang menurun terhadap vegetasi terna lapisan bawah.

ACUAN	LUAS PETAK CUPLIKAN UNTUK POHON (m <sup>2</sup> )	LUAS PETAK CUPLIKAN UNTUK TERNA (m <sup>2</sup> )	RASIO PETAK POHON TERHADAP TERNA
Releve (Bab 5.3)	200	200	1:1
Bordeau & Oosting (1959)	6.000	160	37.5:1
Daubenmire (1968)	375	5	75:1
Bormann & Buell (1964)	28.000	50	560:1
Newsome & Dix (1968)	6.000	7.5	800:1
Bray & Curtis (1957)	60.000	20	3000:1

Perbandingan di atas menekankan kembali bahwa analisis kuantitatif tumbuhan bawah atau lapisan terna memberikan informasi hanya sebagian kecil saja tentang tegakan. Jenis yang tidak melimpah tidak pernah terekam dengan memadai. Dalam tegakan-tegakan cuplikan yang distratifikasi untuk homogenitas lapisan bawah, di hutan beriklim sedang area minimum cuplikan hendaknya sekitar 50–200 m<sup>2</sup> (Bab 5.2). Studi Bordeau & Oosting (1959) dan Bormann & Buell (1964) dapat dianggap memadai dari perspektif ini, tetapi karena tegakan cuplikan yang berukuran besar tidak dipilih untuk homogenitas lapisan bawah (hanya untuk homogenitas lapisan pohon), dapat dikatakan bahwa lima studi kuantitatif hutan yang dikutip di atas tidak memenuhi persyaratan area minimum. Bila tumbuhan yang terdapat di luar petak kuantitatif tidak direkam (atau setidaknya tidaknya didaftar kehadirannya) informasi penting akan hilang.

## Metode Petak-Hitung dan Teknik Pencuplikan Tanpa-Petak

Dalam dua studi kontinum (Newsome & Dix 1968 dan Bray & Curtis 1957) intensitas penelaahan tumbuhan bawah adalah yang paling rendah. Dalam studi Bray & Curtis ini tampaknya terkait dengan perbedaan konsep dan tujuan. Tumbuhan lapisan bawah tidak diabaikan, tetapi tumbuhan ini dianggap relatif tidak penting. Curtis (1959) memandang tumbuhan lapisan bawah hanya jenis yang bergantung kepada jenis yang dominan. Meskipun hal ini benar dalam beberapa situasi, banyak studi yang membuktikan kemandirian jenis lapisan bawah ini. Misalnya, Newsome & Dix menemukan bahwa banyak jenis lapisan bawah tumbuh di luar hutan dan sebagian besar tidak bergantung kepada komposisi jenis yang dominan.

Cuplikan 1 m<sup>2</sup>, yang diletakkan dalam setiap area 3.000 m<sup>2</sup> di dalam tegakan cuplikan seluas 60.000 m<sup>2</sup> seperti diterapkan dalam studi Bray & Curtis, tidak dapat diharapkan menghasilkan data yang memadai untuk mendokumentasikan adanya asosiasi di antara tumbuhan lapisan bawah atau di antara tumbuhan yang termasuk ke dalam lapisan-lapisan hutan.

Perbandingan waktu secara kasar tentang analisis kuantitatif hutan dengan analisis hutan dengan metode releve dapat dibuat sebagai berikut. Diperlukan sekitar 45 menit untuk menyelesaikan analisis releve 200 m<sup>2</sup> yang dibahas dalam Bab 5.3. Analisis dengan petak-hitung (diberikan dalam Bab 7.3.) memerlukan sekitar satu jam. Ini mencakup area (120 m<sup>2</sup>) kira-kira setengah dari ukuran releve dan menghitung sekitar 100 pohon-cuplikan yang belum memadai. Analisis kuadran berpusat titik dengan 5 titik dan 20 jarak (lihat Bab 7.6.3.) memerlukan 30 menit. Dalam analisis terakhir ini pohon-pohon kecil dengan tinggi kurang dari 2 m diabaikan, tetapi dalam analisis petak-hitung diperhitungkan. Jadi, kedua metode analisis kuantitatif memerlukan waktu yang sama. Mungkin sekali bahwa untuk cuplikan lebih besar metode jarak akan lebih menguntungkan.

Perbandingan ini memberikan indikasi waktu yang diperlukan untuk berbagai analisis yang diuraikan. Sementara analisis releve memerlukan waktu satu jam, analisis kuantitatif memerlukan waktu lebih lama. Tentu saja bila sekiranya rincian-rincian seperti daftar jenis dan penentuan kelas ukuran pohon dibuat sebelumnya, analisis kuantitatif dapat dilakukan lebih cepat.

Metode kuadran berpusat titik dengan titik cuplikan sebanyak 15 (60 pohon) dalam studi memerlukan waktu 1 sampai 2 jam. Sebanyak 15 petak-hitung dengan luas masing-masing 50 m<sup>2</sup> untuk belta memerlukan waktu tambahan 1 atau 2 jam. Untuk menempatkan 30 petak kecil (0,25 m<sup>2</sup>) untuk merekam

frekuensi diperlukan 2 jam. Jadi, analisis lapangan yang diterapkan Newsome & Dix memerlukan waktu total 4 sampai 8 jam per plot cuplikan.

Sebanyak 40 pengukuran jarak 80 pohon pada 40 titik dalam study Bray & Curtis memerlukan waktu paling tidak 2 jam per tegakan karena jarak titik yang cukup besar. Penempatan 20 kuadrat untuk frekuensi memerlukan waktu tambahan 2 jam untuk analisis lapangan. Jadi, dua studi untuk analisis kontinum memakan waktu dari setengah hari hingga satu hari per tegakan. Tampaknya tidak mungkin untuk menyelesaikan lebih dari satu tegakan cuplikan besar per hari. Sebaliknya, relatif mudah untuk menyelesaikan analisis empat releve hutan per hari seperti dipertelakan dalam Bab 5.3.

### **7.7.3.2 Komunitas Terna dan Perdu Rendah**

Dalam tiga contoh kuantitatif tentang komunitas nir-hutan, spektrum yang sama (kerapatan, penutup, dan frekuensi) ditelaah seperti dalam komunitas hutan. Meskipun demikian, sebaliknya dari stratum pohon, kerapatan adalah parameter yang paling rumit untuk dievaluasi dalam komunitas yang stratum dominannya terna. Kerumitan ini menjadi jelas dalam studi Bliss tentang komunitas alpin, yang dalam hal ini hanya jenis terpilih saja yang dihitung, sementara frekuensi dan penutup digunakan untuk evaluasi jenis lain. Bliss menekankan bahwa penghitungan perdu rendah, rumput merumpun, dan teki-teki adalah untuk penelitian berikutnya tentang produktivitas. Penghitungan seperti itu tidak bermanfaat untuk klasifikasi dan ordinasi komunitas alpin tersebut. Untuk maksud terakhir ini, penutup dan frekuensi yang direkam dari 20 kuadrat kecil per tegakan dianggap cukup.

Penutup jenis dalam studi ini ditaksir dalam 20 petak kecil ( $0,1 \text{ m}^2$ ). Dalam hal ini timbul pertanyaan tentang reliabilitas taksiran penutup: Apakah lebih memadai untuk (a) mengevaluasi penutup dengan akurat dalam sebagian kecil petak ( $2 \text{ m}^2$  dari plot  $60 \text{ m}^2$ ) atau (b) taksiran penutup dengan skala Braun-Blanquet dari keseluruhan plot? Hanya perbandingan metode yang dapat menjawab pertanyaan ini. Untuk maksud klasifikasi dan ordinasi, metode kedua yang lebih baik karena memerlukan waktu lebih sedikit dan mencakup plot secara keseluruhan.

Evaluasi frekuensi dengan 20 petak per tegakan juga dianggap memadai oleh Walker & Wehrhan untuk memertelakan komunitas lahan basah di Saskatchewan. Bila semua jenis yang terdapat dalam "area minimum" direkam terlebih dahulu

dan kemudian kuantitas jenis dievaluasi dengan metode cepat seperti diterapkan dengan 20 penempatan petak frekuensi, perbedaan antara metode releve dan metode kuantitatif seperti ini akan terletak pada kecermatan evaluasi jenis yang lebih melimpah. Masih dapat diperdebatkan apakah penempatan 20 petak-frekuensi akan memberikan taksiran kuantitas jenis lebih baik dibandingkan dengan taksiran penutup per jenis. Banyak peneliti yang mengatakan bahwa penempatan 20 petak akan menghasilkan pengukuran yang objektif tentang kuantitas jenis, tetapi pertimbangan ini akan bergantung kepada reproduksibilitas hasil sesuai dengan metode yang digunakan.

Bergantung pada jumlah jenis yang ada, penentuan frekuensi dengan penempatan 20 petak akan memperpanjang waktu analisis dengan metode releve sekitar 30 sampai 60 menit. Pertanyaan bagi penelaah adalah apakah ia harus membuang waktu tambahan untuk mengevaluasi jenis yang lebih melimpah dengan metode kuantitatif seperti itu, atau apakah lebih baik memulai releve baru dengan analisis menggunakan skala Braun-Blanquet.

Masalah lain yang dibahas dalam Bab 6.3.1 adalah frekuensi dalam kuadrat bukan nilai absolut. Sudah pasti nilai kuantitatif yang lebih baik adalah penutup. Pengukuran penutup dengan metode intersep-titik seperti diterapkan dalam studi komunitas rumput dan perdu di Montana oleh Branson dkk. adalah analisis kuantitatif komunitas nir-hutan yang paling berarti untuk maksud deskripsi komunitas. Dalam komunitas yang miskin jenis seperti yang terdapat di daerah ini, mungkin sekali untuk menilai penutup hampir semua jenis yang terdapat dalam area-minimum komunitas tersebut. Bahkan, dalam komunitas yang kaya jenis, hanya jenis yang lebih melimpah yang dapat diukur secara memadai dengan metode intersep-titik. Metode ini sangat menjanjikan karena (a) metode ini memberikan nilai absolut, (b) parameter yang diukur dianggap dalam ekologi sebagai yang paling penting di antara tiga parameter (Bab 6.51), (c) penutup dapat dihitung untuk semua bentuk hidup tumbuhan termasuk pohon (Bab 6.5.4.2), dan (d) metode intersep-titik memberikan nilai yang sama seperti yang diinginkan oleh skala taksiran (Bab 5.4.2.). Intensitas pencuplikan dalam studi Branson dkk. sangat tinggi sehingga waktu yang diperlukan pun sangat banyak. Bergantung kepada kekayaan jenis komunitas terna atau komunitas perdu-rendah dan kemampuan peneliti untuk mengenal jenis, sebuah cuplikan 200 titik dengan memakai kerangka frekuensi-titik (Gambar 6.6., Bab 6.5.4.) memerlukan waktu antara 30 dan 60 menit. Pada umumnya, untuk pertelaan kuantitatif komunitas terna dan komunitas perdu-rendah, penggunaan sebuah



cuplikan dengan 200 titik, yang menghasilkan nilai persentase penutup dari jenis yang lebih melimpah, tampaknya memerlukan waktu yang lebih sedikit dibandingkan dengan penempatan 20 petak frekuensi.

Namun demikian, parameter penutup dan frekuensi-kuadrat dapat saling melengkapi dalam studi dengan tujuan lebih daripada sekadar deskripsi variasi ruang penutup tumbuhan. Misalnya, bila kita ingin juga mengetahui variasi-waktu penutup terna, kita akan menemukan frekuensi jenis dalam kuadrat merupakan parameter yang kurang berfluktuasi dibandingkan dengan penutup dalam perilaku musiman **padang rumput bertahunan** (*perennial grassland*). Derajat variasi parameter-parameter itu sendiri dapat merupakan informasi penting, misalnya, untuk nilai pengembalaan.

### 7.7.3.3 *Ukuran Tegakan Cuplikan*

Perbedaan selanjutnya antara metode releve dan metode kuantitatif adalah ukuran unit cuplikan. Menarik bahwa dalam Gambar 7.6. masing-masing dari 6 unit cuplikan dipilih secara subjektif dengan penuh kehati-hatian. Kecuali dalam studi yang pertama, semua pencuplikan dilakukan dengan metode kuantitatif.

Demikian juga, enam tegakan cuplikan tersebut dipilih berdasarkan homogenitas penutup vegetasi. Sudah pasti bahwa area-minimum untuk setiap komunitas dipertimbangkan juga. Atas dasar ini semua dapat dianggap sebagai releve, tetapi empat tegakan cuplikan besar bukan releve dalam arti sempit, karena mencakup area lebih besar dibandingkan dengan area-minimum.

Perbedaan dalam ukuran cuplikan bergantung kepada perbedaan konsep homogenitas para peneliti. Hanya dua derajat homogenitas yang perlu diketahui untuk menerangkan perbedaan ini. Tegakan cuplikan berukuran kecil ditentukan oleh keseragaman vegetasi kecil—terna dan perdu kecil. Tegakan cuplikan yang berukuran besar ditentukan berdasarkan vegetasi pohon.

Perbedaan kedua adalah bahwa metode releve bertujuan mencuplik komposisi total komunitas sebuah komunitas nyata dengan setiap tegakan cuplikan (releve). Sebaliknya, metode kuantitatif bertujuan untuk mencuplik jenis yang melimpah dan juga karena tegakan cuplikan hutan besar. Bila area-minimum tidak digunakan sebagai petunjuk ukuran, pedoman untuk menentukan ukuran adalah keputusan peneliti dengan pertimbangan berapa jenis yang akan dicuplik dengan memadai. Dalam contoh petak-hitung dalam Bab 7.3 hanya satu jenis pohon (*Psidium guajava*) yang dapat dianggap telah dicuplik dengan memadai,

yaitu 30 individu dalam area 120 m<sup>2</sup>. Bila dua jenis pohon lain, yaitu jenis asli yang penting (*Acacia koa* dan *Metrosideros collina*), mau dicuplik dengan memadai (setidaknya 30 individu per jenis), tegakan cuplikan harus diperluas menjadi paling sedikit 800 m<sup>2</sup>.

Dalam analisis lengkap suatu tegakan, kedua aspek, rekaman jenis yang mendekati jumlah total dan cuplikan lengkap jenis yang lebih melimpah, dapat dan hendaknya digabungkan. Dalam tegakan hutan ini dapat dilakukan sebagai berikut: Sebuah cuplikan tegakan hutan hendaknya ditentukan oleh homogenitas dan keseragaman vegetasi yang lebih rendah dan habitat. Di medan bergunung-gunung dan di medan datar dengan variasi permukaan air-tanah di tempat-tempat sempit, ini akan mengakibatkan tegakan cuplikan yang relatif kecil, seperti ditunjukkan dalam Gambar 7.6 dengan contoh releve (200 m<sup>2</sup>) dan oleh ukuran tegakan cuplikan Daubenmire seluas 375 m<sup>2</sup>. Agar jenis-jenis pohon penting dapat dicacah dengan memadai, diperlukan tambahan sejumlah releve dari tipe vegetasi yang sama. Pada medan datar tanpa variasi habitat yang nyata, releve untuk pencacahan lapisan pohon hendaknya diperluas, tetapi perlu diperhatikan juga bahwa homogenitas vegetasi bawah tidak berubah dalam area cuplikan yang lebih luas. Dalam hal ini, releve semula, yang digunakan untuk merekam hampir semua jenis dengan ukuran sedikit lebih besar dibandingkan dengan area-minimum komunitas, akan menjadi petak-disarangkan dalam tegakan cuplikan yang lebih besar.

Sebaliknya, konsep kuantitatif yang memerlukan komunitas-dominansi yang menerus, luas, dan seragam cenderung tidak memasukkan variasi ekstrem dalam penutup vegetasi regional. Banyak variasi penutup mungkin terlalu kecil untuk area cuplikan minimum yang ditentukan secara manasuka. Oleh karena itu, hanya sebagian saja dari penutup vegetasi regional dapat dipertelakan dengan pendekatan ini. Untuk maksud klasifikasi pendekatan ini tidak menguntungkan. Misalnya, persyaratan tegakan cuplikan sekitar 6 hektare (15 ekar) yang digunakan Bray & Curtis tidak mungkin diterapkan di kawasan bergunung-gunung.

Meskipun demikian, analisis kontinum tidak dibatasi oleh unit ukuran cuplikan, **derajat penyeutuhan** (*degree of entitation*), atau karakteristik vegetasi regional. Analisis dapat dilaksanakan dalam komunitas yang sempit yang dapat dicuplik dengan petak-petak kecil, bila petak-petak ini disebar ke seluruh sebaran geografi yang melingkupi keterdapatan vegetasi secara berulang. Dalam hal ini perbedaan antara klasifikasi dan kontinum hilang, sebab pertanyaannya bukan lagi pendekatan mana yang lebih objektif atau apakah kontinuitas dan

## Analisis Vegetasi di Lapangan

diskontinuitas merupakan abstraksi sifat-sifat komunitas. Jadi, pertanyaannya hanya apakah peneliti ingin melukiskan penutup vegetasi secara lengkap dari suatu kawasan tertentu atau apakah minat peneliti hanya terbatas pada deskripsi melalui pencacahan akurat jenis yang melimpah saja.

**BAGIAN III**

**KLASIFIKASI DAN ORDINASI  
DATA VEGETASI**



# 8

## STRUKTUR VEGETASI, UNIT KLASIFIKASI, DAN SISTEM

### 8.1 KONSEP STRUKTUR VEGETASI

Dansereau (1957; 147) mendefinisikan **struktur vegetasi** sebagai “organisasi dalam ruang dari individu-individu yang membentuk sebuah tegakan (dan sebuah tipe vegetasi atau sebuah asosiasi tumbuhan bila diperluas),” dan ia menyatakan bahwa “unsur utama struktur adalah bentuk pertumbuhan, stratifikasi, dan penutupan.” Definisi ini masih berlaku sampai sekarang. Tetapi, istilah struktur vegetasi digunakan dengan arti yang berbeda-beda. Dalam pengertian yang paling umum, konsep struktur digunakan dalam semua penelitian biologi sebagai konsep pelengkap fungsi; fungsi terkait dengan proses-proses fisiologi dan struktur terhadap anatomi dan morfologi objek yang sedang ditelaah. Dalam ekologi vegetasi, kita dapat berbicara tentang struktur vegetasi paling tidak dalam lima tingkat;

1. Fisiognomi vegetasi
2. Struktur biomassa
3. Struktur bentuk-hidup
4. Struktur floristik
5. Struktur tegakan

Lima tingkat struktur vegetasi ini secara hierarki terpadu dalam arti kata bahwa tingkat pertama mencakup yang kedua, yang kedua mencakup yang ketiga, dan selanjutnya. Jadi, lima konsep struktur vegetasi ini mewakili lima tingkat berbeda dari generalisasi, dengan tingkat 1 yang paling umum dan tingkat 5 yang paling rinci dan rumit.

Fosberg (1961) membedakan dengan jelas konsep pertama dan kedua. Ia mendefinisikan **fisiognomi vegetasi** (*vegetation physiognomy*) sebagai penampakan

luar vegetasi. Fisiognomi dalam pengertian ini dihasilkan sebagian oleh struktur biomassa, fenomena fungsional (seperti gugur daun dalam hutan), dan karakteristik kasar komposisi (seperti kerimbunan atau xeromorfi relatif). Karena fisiognomi adalah ekspresi paling tidak tiga kriteria vegetasi yang dapat dibedakan dengan lebih tepat, sementara struktur hanya merupakan satu bagian saja, hendaknya tidak dikacaukan dengan struktur seperti didefinisikan dengan pengertian kedua.

**Struktur biomassa** (*biomass structure*) merupakan konsep struktur vegetasi yang lebih saksama. Struktur biomassa khususnya terkait dengan jarak antar tumbuhan dan tinggi tumbuhan, yang membentuk matriks penutup vegetasi. Istilah struktur vegetasi, bila tidak menerapkan definisi lain, hendaknya digunakan hanya dalam pengertian struktur biomassa tumbuhan. Upaya untuk menguantifikasikan konsep ini ditunjukkan dalam Bab 8.4.

**Struktur bentuk-hidup** (*life form structure*) terkait dengan komposisi bentuk pertumbuhan atau bentuk-hidup tumbuhan dalam sebuah vegetasi. Konsep bentuk-hidup tumbuhan, yang mengelompokkan jenis dengan morfologi kasar yang sama ke dalam tipe-tipe bentuk-hidup, didefinisikan dalam Bab 8.2. Struktur atau komposisi bentuk-hidup merupakan konsep yang lebih saksama ketimbang struktur biomassa. Struktur bentuk-hidup dapat dikuantifikasikan dan memberi arti. (Bab 8.3).

**Struktur floristik** (*floristic structure*) biasanya dipisahkan dari struktur dalam pengertian tradisional (yaitu struktur biomassa dan bentuk-hidup) dan diartikan sebagai “komposisi floristik.” Disarankan untuk mempertahankan pemisahan dan tidak mengartikan komposisi floristik bila menggunakan kata struktur tanpa klarifikasi lebih jauh. Dalam hal struktur bentuk-hidup kita dapat juga berbicara tentang komposisi bentuk-hidup. Istilah komposisi, bila tidak diberi kualifikasi lebih lanjut, biasanya berarti komposisi floristik pada tingkat jenis.

Kershaw (1964, 5) membedakan tiga komponen struktur vegetasi: (a) **struktur vertikal** (yaitu stratifikasi menjadi beberapa lapisan), (b) **struktur horizontal** (yaitu sebaran populasi dan individu jenis menurut ruang) dan (c) **struktur kuantitatif** (yaitu kelimpahan setiap jenis dalam komunitas). Shimwell (1972) menerima tiga pembagian struktur vegetasi ini dan memperluas istilah struktur untuk mencakup juga “struktur menurut waktu”, yang mengacu kepada suksesi dan klimaks. Meskipun demikian, kita di sini hanya membahas **struktur spasial** (*spatial structure*).

Kita anggap struktur vertikal sebagai bagian struktur biomassa seperti didefinisikan di atas. Dua komponen lain yang didefinisikan Kershaw

merupakan bagian “struktur floristik” karena keduanya dilihat dari tingkat jenis, bukan bentuk-hidup. Kùchler (1967; 1972) mengartikan istilah struktur dalam pengertian struktur bentuk-hidup, tetapi seperti ditunjukkan oleh definisi Kershaw dan definisi ekologiwan lain (Tùxen 1970; Whittaker 1970), dewasa ini istilah struktur diartikan dalam pengertian yang lebih luas daripada bentuk vegetasi atau morfologi, bukannya fungsi dalam pengertian fisiologi. Dalam struktur dengan pengertian luas ini, pola-pola jenis (dalam pengertian sebaran acak, teratur dan tularan), kuantitas jenis, keanekaragaman jenis (Paine 1971), dan pola-pola yang dipetakan atau mozaik asosiasi-asosiasi jenis, semuanya adalah aspek struktur. Dapat ditambahkan bahwa releve yang direkam dengan cermat menggambarkan struktur dalam dua tingkat: (a) dengan merekam jenis dalam strata vertikal atau lapisan, dan (b) dengan menunjukkan kelimpahan setiap jenis dalam setiap stratum. Sebuah rekaman releve menunjukkan juga jumlah jenis dalam suatu area (yaitu keanekaragaman jenis, yang dianggap sebagai aspek struktur komunitas). Dapat ditambahkan juga bentuk-hidup atau bentuk pertumbuhan setiap jenis yang merupakan aspek keempat dari struktur dalam lembar rekaman releve.

Kita telah membahas **struktur tegakan** dalam Bab 7.3.1. Dalam bab tersebut kita berbicara tentang sebaran jumlah individu dalam kelas-kelas ukuran jenis pohon tertentu di dalam sebuah tegakan hutan. Bila setiap jenis dianalisis dengan cara ini, kita dapat berbicara tentang analisis **struktur populasi**. Bila kurva struktur populasi beberapa jenis dari tegakan yang sama dibandingkan satu dengan yang lain, kita dapat bicara tentang sebuah analisis **struktur tegakan** atau **struktur komunitas**. Analisis struktur semacam ini merupakan pendekatan kuantitatif terinci dari perekaman jenis dalam strata vertikal yang berbeda dalam sebuah releve dengan taksiran kuantitas jenis dalam setiap strata (yang telah dibahas sebagai sebuah aspek struktur floristik).

Oleh karena itu, supaya tidak membingungkan, tampaknya memang perlu untuk membagi struktur vegetasi menjadi paling tidak lima pengertian yang didaftar dalam alinea pertama.

Vegetasi dapat diklasifikasikan tanpa mengacu ke nama jenis. Cara ini sangat bermanfaat di kawasan yang belum tereksplorasi dan di daerah yang vegetasinya tidak dapat diklasifikasikan dengan mudah berdasarkan jenis dominan, misalnya di daerah tropik lembap (Webb 1968; Webb *et al.* 1970). Selanjutnya, pertelaan struktur merupakan pelengkap bagi pertelaan floristik suatu vegetasi. Sebuah daftar jenis dari suatu komunitas, bahkan bila dilengkapi dengan kuantitas



untuk setiap jenis, tidak memberikan informasi tentang sifat-sifat morfologi dan anatomi suatu vegetasi. Sifat-sifat yang terakhir ini dapat digambarkan dengan **klasifikasi struktural**. Sistem klasifikasi seperti itu disebut “sistem struktural”. Sistem struktural dapat dibandingkan secara kontras dengan sistem klasifikasi berdasarkan komposisi jenis. Yang terakhir ini disebut skema klasifikasi floristik. Atribut utama dalam skema klasifikasi struktural bukan jenis, melainkan bentuk-hidup tumbuhan, stratifikasi vertikal biomassa tumbuhan dan penutupan horizontal dalam lapisan-lapisannya, dan segi fenologi atau segi musiman. Atribut vegetasi ini akan dibahas dalam uraian berikut ini.

### 8.2 BENTUK–HIDUP TUMBUHAN

Tumbuhan diklasifikasikan secara taksonomi ke dalam suku, marga, jenis, dan varietas. Ini bukanlah satu-satunya cara membuat klasifikasi tumbuhan. Jenis dan individu dapat dikelompokkan ke dalam kelas-kelas bentuk-hidup atau bentuk pertumbuhan berdasarkan kesamaannya dalam struktur dan fungsi. Sebuah bentuk-hidup tumbuhan biasanya diartikan sebagai bentuk pertumbuhan yang memperlihatkan hubungan nyata dengan faktor-faktor lingkungan penting. Misalnya, pohon meranggas adalah bentuk-hidup tumbuhan yang bereaksi terhadap musim yang tidak menyenangkan dengan menggugurkan daun-daunnya.

Bentuk-hidup suatu jenis biasanya karakter yang konstan, tetapi jenis yang sama dapat menjadi bentuk-hidup lain bila tumbuh dalam kondisi lingkungan yang berbeda. Misalnya, jenis pohon tertentu yang tumbuh pada elevasi tinggi berubah menjadi tumbuhan merayap, yang disebut “*krumholz*”, di daerah sebaran tertingginya, tetapi pada elevasi rendah tumbuh sempurna sebagai pohon. Sebuah jenis tumbuh melalui fase-fase berbagai bentuk-hidup dalam siklus hidupnya dari biji sampai tumbuhan dewasa. Di sini kita berbicara khususnya tentang bentuk-hidup pada fase dewasa. Tumbuhan dengan bentuk-hidup sama yang tumbuh bersama-sama sangat mungkin akan langsung bersaing untuk mengisi ruang atau relung. Kesamaan dalam struktur dan bentuk menunjukkan kesamaan dalam adaptasi terhadap pemanfaatan sumber daya lingkungan yang tersedia, dalam suatu ruang. Contoh yang paling ekstrem dari kesamaan bentuk-hidup ditunjukkan oleh individu-individu jenis yang sama. Di mana pun mereka tumbuh berdekatan, mereka juga merupakan kompetitor yang paling kuat, karena mereka teradaptasi dengan cara yang sama terhadap penggunaan sumber daya lingkungan. Tentu saja jenis dari suku yang tidak berkerabat dapat juga

mempunyai bentuk-hidup yang sama. Misalnya, tumbuhan berbatang sukulen berkembang dalam suku *Cactaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asclepiadaceae*, dan *Liliaceae*.

Komposisi bentuk-hidup, selain komposisi jenis dalam sebuah komunitas sangat menarik, karena dapat memberikan informasi tentang tanggapan sebuah komunitas terhadap faktor lingkungan tertentu, tentang pemanfaatan ruang (bila dikombinasikan dengan nilai penutup), dan juga tentang kemungkinan adanya hubungan kompetitif dalam sebuah komunitas.

Informasi tentang bentuk-hidup berharga bagi pembaca yang tidak dapat memvisualisasikan tampilan jenis dari nama. Selanjutnya bentuk-hidup untuk semua jenis belum diketahui. Ini khususnya untuk karakteristik bentuk-hidup fungsional, seperti sifat meranggas atau sifat selalu hijau jenis tumbuhan berkayu.

Sejak Von Humboldt (1806), berbagai klasifikasi bentuk-hidup tumbuhan, “bentuk pertumbuhan”, atau “bentuk-bentuk dasar” telah dikembangkan. Tinjauan pustaka telah dibuat oleh Lacza dan Fekete 1969 (lihat juga Lacza & Fekete 1970). Perluasan yang paling ekstensif skema Von Humboldt disajikan oleh Ginzberger & Stadlmann (1939). Namun, tujuan utamanya adalah menyediakan alat fisiognomi tumbuhan untuk pertelaan berbagai lanskap dan tidak terlalu banyak digunakan untuk penelitian vegetasi. Dalam penelitian vegetasi, sistem bentuk-hidup Raunkiaer (1934; 1937) dan perluasannya oleh Braun-Blanquet (1928) telah digunakan secara luas. Sistem Raunkiaer berorientasi pada ekologi dan berdasarkan terutama kepada posisi kuncup atau organ tempat berkembangnya taruk atau pucuk baru atau dedaunan setelah tumbuhan hidup selama musim yang tidak menguntungkan. Di zona beriklim dingin, musim yang tidak menguntungkan adalah musim dingin. Musim tidak menguntungkan juga terjadi pada musim kemarau di daerah tropik dan subtropik. Perilaku tumbuhan selama musim yang tidak menguntungkan di daerah iklim panas sama dengan di daerah iklim dingin. Oleh karena itu, sistem Raunkiaer dapat diterapkan juga di luar daerah beriklim dingin. Tetapi, perilaku tumbuhan pada musim tumbuh diabaikan oleh Raunkiaer.

Seperti halnya dengan Rübél (1922), kita perlu memasukkan juga aspek karakteristik perilaku tumbuhan pada musim yang menguntungkan. Struktur dan perubahan musiman dari tajuk, dedaunan, dan sistem taruk ditekankan dalam sistem kami (Ellenberg & Mueller-Dombois 1967a), seperti tercantum dalam Lampiran A.

Tidak seperti Braun-Blanquet (1928), yang sistemnya tercermin juga dalam sistem kami, kami juga mengikuti Rübél, yaitu memulai dengan bentuk-bentuk

dominan dan berukuran besar, sementara lumut, lumut kerak, dan ganggang ditaruh di bagian akhir sistem kami. Bentuk-hidup bagi talofit, parasit, dan tumbuhan heterotrof belum diberi perlakuan secara rinci seperti produsen primer yang lebih penting. Kami menyajikan bentuk-hidup dalam bentuk kunci yang dapat diterapkan terhadap berbagai bentuk-hidup tumbuhan yang terdapat di berbagai ekosistem dari tundra sampai gurun dan daerah tropik lembap. Meskipun demikian, masih perlu pengujian yang lebih lanjut apakah sistem itu benar-benar dapat digunakan dalam semua kondisi. Kami berharap memperoleh saran-saran untuk perbaikan kunci tersebut (Lampiran A).

Kunci memisahkan lima bentuk-hidup dasar menurut sistem Raunkiaer, yaitu fanerofit, kamefit, hemikriptofit, geofit dan terofit. Tetapi, kemudian diperluas sehingga mencakup 23 bentuk-hidup utama. Pemisahan pertama dari 23 bentuk-hidup ini adalah berdasarkan fungsi, yaitu tumbuhan autotrof, semiautotrof, atau heterotrof. Dalam setiap kelompok trof, dibuat pemisahan aras kedua berdasarkan struktur anatomi menjadi tumbuhan berpembuluh (kormofit) dan tumbuhan tak berpembuluh (talofit). Di dalam kelompok ini, aras pemisahan ketiga dibuat berdasarkan struktur-tunjang tumbuhan.

Misalnya dalam tumbuhan autotrof berpembuluh dapat dibedakan tiga kelompok, yaitu tumbuhan yang secara struktural mandiri (yang menurut Raunkiaer mencakup lima bentuk-hidup dasar), tumbuhan yang secara struktural bergantung kepada tumbuhan lain (seperti liana dan epifit), dan tumbuhan yang organ fotosintesisnya secara struktural ditunjang oleh air dalam habitat akuatik,

Pada aras keempat dapat dibedakan tumbuhan bertahunan dan tumbuhan semusim, yang terdapat dalam kormofit dan talofit. Kisaran adaptasi ini dalam tumbuhan dari kehadiran yang bertahunan sampai kehadiran yang semusim telah dikenal oleh Raunkiaer dalam lima bentuk-hidup dasar. Kisaran adaptasi ini terkait dengan cara taruk atau pucuk menghilang pada musim yang tidak menguntungkan. Dalam tumbuhan bertahunan adaptasi ini berkisar dari (a) dedaunan tidak menghilang pada pohon, perdu, dan terna di daerah tropik lembap, ke (b) dedaunan menghilang pada tumbuhan berkayu meranggas dan pucuk dikurangi pada perdu dan terna (kamefit dan hemikriptofit), dan (c) pucuk dikurangi secara total pada geofit. Bentuk yang paling sempurna mengurangi pucuk terdapat pada tumbuhan semusim atau terofit, yang sintas dalam bentuk biji.

Kunci tidak hanya mengenal variasi lebih lanjut dalam hal cara pengurangan pucuk, tetapi juga menekankan pemisahan dasar menjadi skapos (berbatang satu), sespitos (berbatang banyak, berdesakan, atau tandan), dan reptan (merayap atau

mengusut), yang terdapat dalam lima bentuk-hidup Raunkiaer. Sistem-tunjang yang berbeda-beda ini adalah adaptasi penting dalam kompetisi dan koeksistensi bentuk-hidup tumbuhan dalam komunitas. Pemisahan menjadi bentuk-bentuk sespitos dan mengusut tampak juga pada lumut dan lumut kerak.

Oleh karena diferensiasi struktural di alam terdapat paling banyak pada fanerofit dan kamefit, kedua kelompok ini dipisahkan dalam kunci menjadi sub-bentuk yang lebih banyak dibandingkan dengan yang lain. Misalnya, fanerofit (tumbuhan dengan tinggi  $> 1$  m) dipisahkan lagi menjadi empat kelas tinggi utama (nano-, mikro-, meso-, dan megafanerofit) dan lima bentuk batang utama (berkayu normal, pohon memberkas, pohon botol, sukulen, dan pohon berbatang menerna). Dalam kelompok-kelompok ini perakaran dan karakteristik pepagan serta organ-organ yang aktif pada musim tumbuh dipecah lagi lebih lanjut, misalnya dengan ukuran daun, bentuk dan tekstur, dan bentuk tajuk. Sebuah sistem angka berakhiran-terbuka dari semua sifat-sifat struktural dan fungsional yang dapat dikenal dalam kunci memungkinkan untuk membuat klasifikasi lebih rinci di lapangan yang dapat diperluas bila perlu dan dapat diproses dengan komputer.

### **8.3 SPEKTRUM BENTUK-HIDUP**

Bila bentuk-hidup semua jenis dalam sebuah komunitas didaftar akan diperoleh sebuah spektrum. Bentuk yang paling sederhana dari spektrum bentuk-hidup adalah membuat klasifikasi semua jenis dalam sebuah daftar menjadi lima bentuk-hidup Raunkiaer, menghitung jumlah jenis menurut kelas bentuk-hidup, dan hasilnya dinyatakan dalam persentase. Spektrum bentuk-hidup seperti ini digunakan Raunkiaer untuk membandingkan berbagai kawasan floristik. Langkah berikutnya adalah penerapan sistem tipe-tipe bentuk-hidup yang lebih halus untuk membandingkan komunitas (Braun-Blanquet 1928). Spektrum bentuk-hidup yang lebih rinci dapat dibuat dengan memasukkan kuantitas jenis seperti dilakukan oleh Tüxen & Ellenberg (1937), Stern & Buell (1951), dan lain-lain. Dalam hal seperti itu dapat digunakan taksiran penutup-kelimpahan atau nilai kuantitatif lain, seperti penutup, kerapatan, dan frekuensi.

Gambar 8.1 menunjukkan spektrum bentuk-hidup beberapa hutan dekat Hamburg. Contoh ini belum memasukkan semua variasi bentuk-hidup yang tercantum dalam kunci, hanya terbatas sebagian besar kepada bentuk-hidup yang dikenal Raunkiaer. Tetapi, berlawanan dengan cara penyajian yang umum diterapkan, kormofit dipisahkan dari talofit, seperti pertama kali disarankan

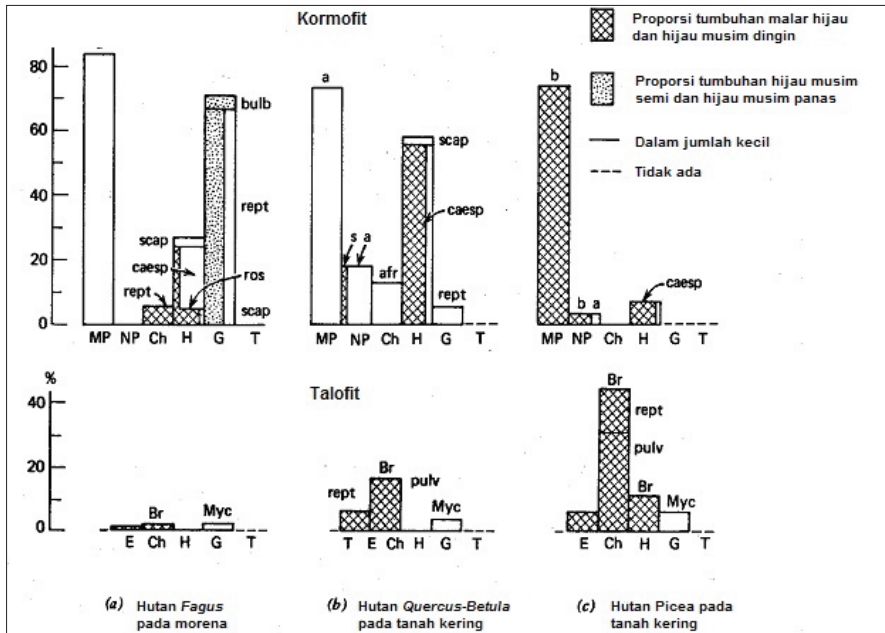
oleh Gams (1918). Selain dari itu, proporsi jenis **malar hijau** (*evergreen*) dalam tipe-tipe bentuk-hidup yang berbeda dan berbagai bentuk-hidup yang dapat berfotosintesis pada musim semi ditunjukkan dengan tanda-tanda khusus dalam histogram. Dengan cara demikian berbagai perbedaan ekologi ditunjukkan dengan lebih jelas. Hutan *Fagus* (*beech*) pada **morena** (*moraine*) dicirikan khususnya dengan rimpang-geofit hijau musim semi dan panas, sementara tumbuhan malar hijau dan talofit hanya terwakili sedikit. Dua tipe bentuk-hidup yang disebut terakhir terdapat lebih melimpah di tempat yang kurang ternaungi dalam hutan *Quercus-Betula* (*oak-birch*). Dalam penutup pohon dan kondisi iklim yang sama, mereka biasanya bertambah sejalan dengan kemasaman tanah yang meningkat dan pasokan nitrogen yang menurun, dan praktis satu-satunya penutup vegetasi bawah dalam hutan tanaman *Picea* (*spruce*) dengan kondisi cahaya yang secara musiman tidak bervariasi. Dalam vegetasi talofit tampak juga perbedaan karakteristik tertentu di antara tegakan-tegakan kayu-keras dan kayu-lunak. Dalam hutan *Quercus-Betula*, lumut yang membentuk **keset** (*mat*) (*Bryochamaephyta reptanta*) lebih melimpah ketimbang lumut yang membentuk bantal (*Bryochamaephyta pulvinata*). Lumut yang membentuk keset tumbuh lebih cepat dan dapat menanggulangi lebih baik jatuhnya serasah tahunan dari hutan meranggas. Lumut yang membentuk bantal lebih melimpah dalam hutan konifer. Beberapa jenis lumut yang tumbuh **merapat-datar** (*flat-appressed*) terdapat juga di sini, seperti *Plagiothecium curvifolium* dan beberapa lumut kerak. Jenis-jenis ini tidak terdapat dalam hutan kayu-keras.

Dalam spektrum bentuk-hidup masing-masing kelompok ditandai dengan singkatan nama ilmiah, seperti ditunjukkan dalam Gambar 8.1 dan Lampiran A. Singkatan atau lambang bentuk-hidup biasanya digunakan dalam tabel releve. Cara ini memungkinkan pembaca yang tidak kenal jenis untuk mendapat gambaran tentang struktur komunitas dan peran ekologi jenis.

Nilai persentase penutup dalam Gambar 8.1 diambil dari nilai skala Braun-Blanquet. Bila skala Braun-Blanquet digunakan, skala ini perlu dikonversi menjadi nilai persentase penutup karena nilai skala tidak dapat dijumlahkan. Bila digunakan nilai konversi persentase penutup, jumlah jenis dalam kelas bentuk-hidup yang sama dari sebuah releve ditambahkan dalam presentasi sebuah diagram bentuk-hidup. Nilai rerata dalam Tabel 8.1 digunakan untuk Gambar 8.1 (dari Tüxen & Ellenberg 1937).

Meskipun hanya taksiran, konversi ini biasanya cukup untuk memperoleh sebuah representasi bagus spektrum bentuk-hidup.

## Struktur Vegetasi, Unit Klasifikasi, dan Sistem



**Gambar 8.1** Spektrum bentuk-hidup dari tegakan-tegakan hutan pada tanah kaya hara (a) dan tanah miskin hara (b). Keterangan: MP = *Meso- & Micro phanerophytes* (Meso- & Mikrofanerofit); NP = *Nanophanerophytes* (Nanofanerofit); Ch = *Chamaephytes* (Kamefit); H = *Hemicryptophytes* (Hemikriptofit); G = *Geophytes* (Geofit); T = *Therophytes* (Terofit); E = *Epiphytes* (Epifit), (di sini hanya di antara Talofit); a = *aestivo*, yaitu hijau-musim-panas atau dingin-meranggas; b = *belonido*, yaitu berdaun jarum; fr = *frutescent*, yaitu berkayu sampai ujung-ujung ranting; s = *sclerophyllous* (sklerofili), yaitu berdaun-keras; rept = *reptant*, yaitu merayap; caesp = *caespitose*, yaitu memberkas mulai dari dekat dasar; scap = *scapose*, yaitu berbatang tunggal; ros = *rossete* (roset); Br = *bryophytes* (Briofit); Myc = *fungi* (jamur).

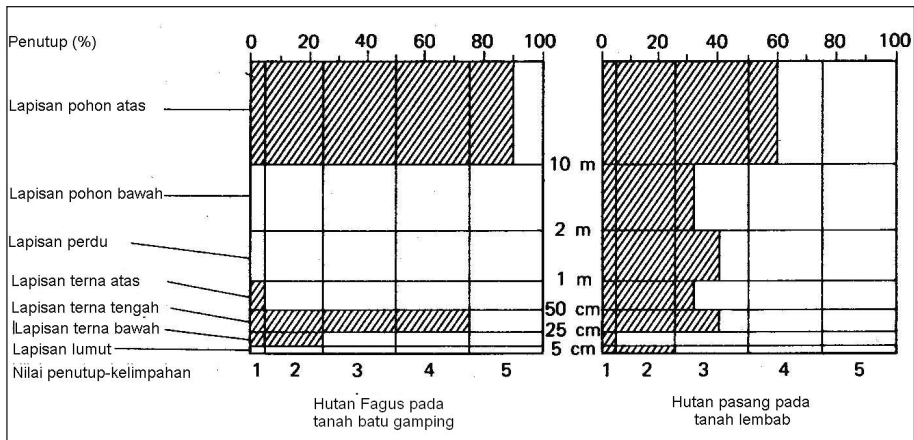
**Tabel 8.1** Tabulasi nilai penutup-kelimpahan Braun-Blanquet yang dikonversikan menjadi derajat penutup rerata

SKALA MENURUT BRAUN-BLANQUET	KISARAN NILAI DERAJAT PENUTUP (PERSEN)	DERAJAT PENUTUP RERATA (PERSEN)
5	75–100	87.5
4	50–75	62.5
3	25–50	37.5
2	5–25	15
1	< 5	2.5 <sup>a</sup>
+	< 5	0.1 <sup>a</sup>
r	Nilai diabaikan	

<sup>a</sup> Ditentukan secara arbitrer

### 8.4 STRATIFIKASI BIOMASSA DAN DIAGRAM PROFIL

Ketinggian tumbuhan digunakan sebagai sebuah kriteria dalam klasifikasi bentuk-hidup. Oleh karena itu, spektrum bentuk-hidup juga memberikan gambaran stratifikasi atau pelapisan komunitas. Stratifikasi biomassa dapat pula ditunjukkan dengan diagram (menurut Hult 1881, bila ketinggian dan penutup masing-masing lapisan telah direkam pada waktu analisis lapangan. Gambar 8.2 menunjukkan diagram-lapisan dari sebuah hutan *Fagus* dan hutan campuran *Quercus-Carpinus*. Di sini digunakan nilai penutup-kelimpahan menurut skala Braun-Blanquet dan persentase penutup terkait alih-alih kelas-kelas kelimpahan Hult.



Gambar 8.2 Diagram-lapisan hutan *Fagus* dan hutan *Quercus-hornbeam*

Selain dengan diagram abstrak, pelapisan jenis dapat pula dilukiskan dalam bentuk ilustrasi yang kurang abstrak atau semiskema seperti diagram profil. Ini dapat dilakukan dengan berbagai derajat ketelitian yang harus seimbang dengan ukuran komunitas, variabilitas, dan tujuan studi. Selanjutnya, diagram profil dapat digunakan untuk melukiskan susunan vertikal secara rinci dari jenis yang tidak dapat dipresentasikan dalam diagram lapis. Metode diagram profil telah digunakan secara efektif oleh Beard (1946) untuk melukiskan karakteristik struktural hutan hujan tropis di Amerika Selatan.

Gambar 8.3 menunjukkan sebuah diagram profil sebuah komunitas hutan tertutup dan Gambar 8.4 diagram profil komunitas pantai terbuka.

Karena susunan menurut jarak merupakan susunan tiga dimensi, penentuan lebar transek untuk diagram profil sangat penting agar dapat melukiskan susunan

tumbuhan dalam komunitas dengan benar. Lebar transek hendaknya hanya beberapa meter saja.

Untuk analisis terinci, dapat dibuat peta transek yang digambar menurut skala posisi individu-individu dominan dan dengan pengukuran ketinggian individu-individu tersebut. Lebar transek bergantung kepada ukuran dan jarak jenis dominan. Transek selebar tiga meter ke kiri dan ke kanan garis kompas dapat digunakan untuk komunitas yang padat dengan tumbuhan berkayu. Untuk menggambar penutup tajuk dengan teliti, metode intersep garis merupakan alat yang bermanfaat dalam pembuatan diagram profil.

Kebanyakan komunitas tumbuhan bukan hanya menunjukkan stratifikasi di atas permukaan tanah, melainkan juga di dalam tanah. Sayangnya, hanya sedikit yang diketahui tentang stratifikasi akar karena tidak mudah untuk ditelaah. Klasifikasi jenis menurut kedalaman perakaran seperti dilakukan oleh Ellenberg (1950; 1952) dapat digunakan sebagai petunjuk.

Akan baik sekali untuk menelaah sebanyak mungkin komunitas tumbuhan dengan diagram profil yang menunjukkan pelapisan di atas dan di bawah tanah. Sering kali pengetahuan tentang stratifikasi akan dapat menjadi kunci bagi pemahaman hubungan ekologi antara jenis dan komunitas.

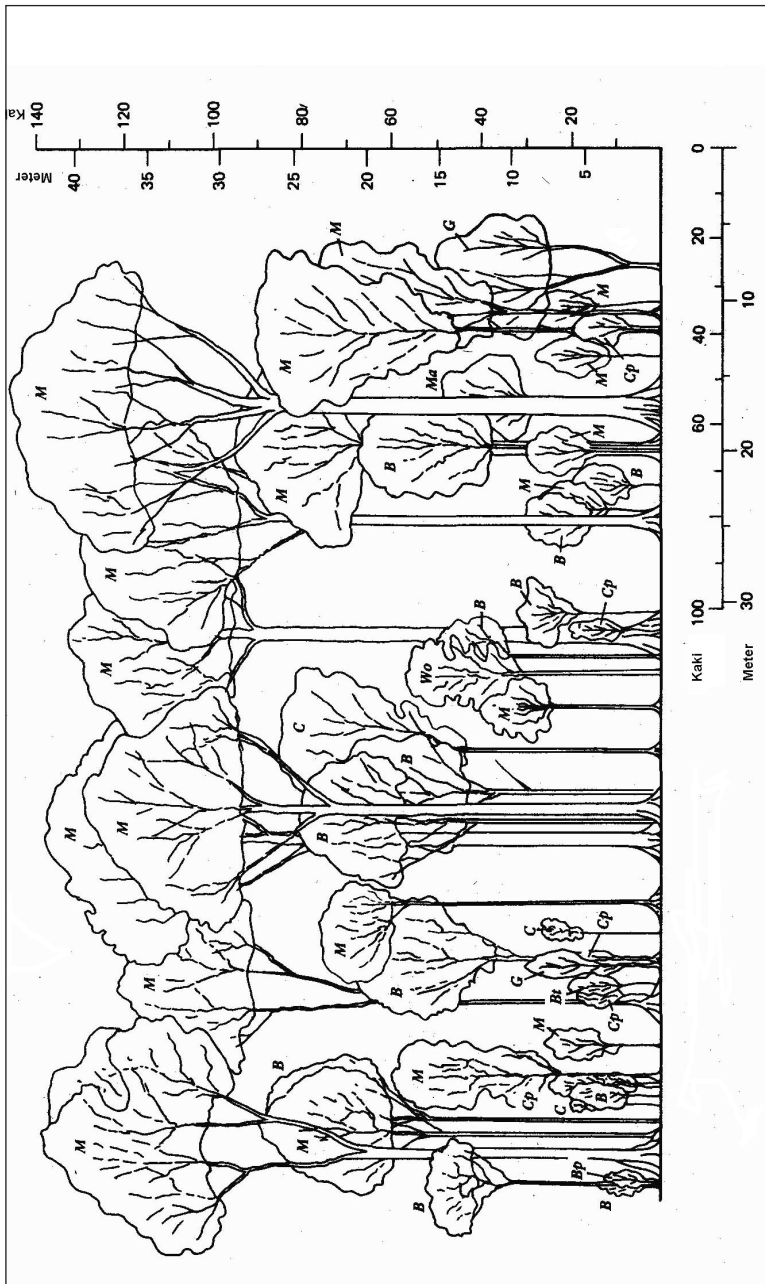
## **8.5 ASPEK-ASPEK FENOLOGI DALAM KOMUNITAS TUMBUHAN**

Hampir semua komunitas tumbuhan di zona kering daerah beriklim dingin, subtropik, dan tropik mempunyai aspek-aspek musiman yang nyata. Perubahan-perubahan fenologi dalam komunitas telah diuraikan dengan baik dalam berbagai studi klasik pada masa lalu, terutama oleh Von Kerner (1863).

Fenologi jenis-jenis tertentu dapat dianalisis secara kuantitatif dengan pengamatan berkala dalam petak permanen dan dengan menandai individu-individu dan bahkan dahan-dahan dan bunga-bunga pada pohon.

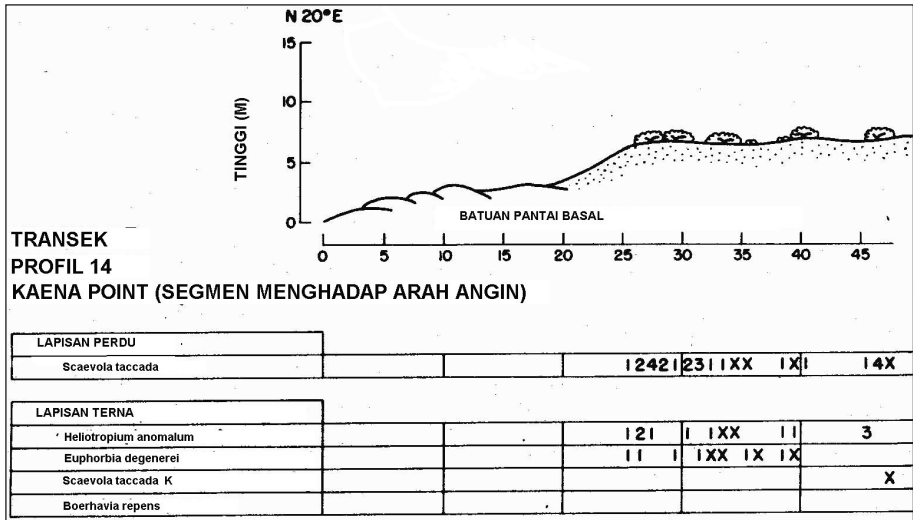
Fenologi semua jenis dalam sebuah komunitas dapat disajikan dengan diagram seperti telah dilakukan di antaranya oleh Gams (1918) atau Ellenberg (1939). Baru-baru ini, Dierschke (1970) membuat tinjauan dan perbaikan metode diagram untuk penyajian fenologi komunitas. Gambar 8.5 menunjukkan diagram fenologi sebuah komunitas terna yang, sebagai tipe komunitas, terdapat di bawah perdu sepanjang batas-batas hutan di bagian barat-laut Jerman. Diagram tersebut mengacu kepada observasi perubahan-perubahan musiman



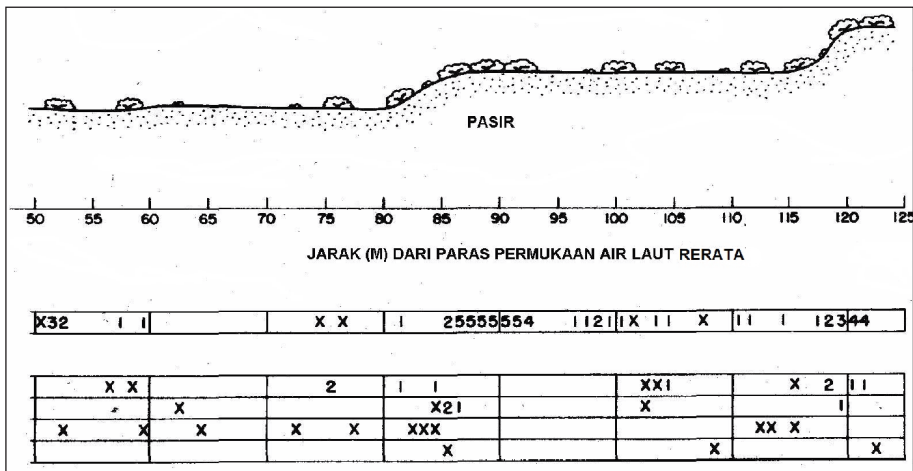


**Gambar 8.3** Diagram profil hutan tertutup malar hijau di Trinidad, Hindia Barat. Komunitas Mora excelsa. Ukuran diagram adalah panjang 61 m dan lebar 7.6 m. Keterangan: B = *Calatropis brachypetala*; Bp = *Swartzia pinnata*; Bt = *Rudgea freemani*; C = *Carapa guianensis*; Cp = *Brownea latifolia*; G = *Eschweilera subglandulosa*; M = *Mora excelsa*; MA = *Sterculia caribea*; Wo = *Terminalia amazonia*. (Dari Beard 1946. Direproduksi dengan izin dari Ecology.)

A. Lanjut ke gambar bawah (B)



B. Lanjutan dari gambar atas (A)



Gambar 8.4 Diagram profil sebuah komunitas pantai terbuka di Oahu, Kepulauan Hawaii. Lebar transek 2 m. Angka tabulasi adalah nilai skala Braun-Blanquet, X merepresentasikan nilai skala untuk + (lihat halaman 64); K = semai (dari Richmond & Mueller-Dombois 1972).

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

dalam kuadrat permanen seluas 5 m<sup>2</sup> dalam komunitas tersebut. Panjang jalur horizontal di sebelah setiap nama tumbuhan adalah lamanya waktu observasi antara April dan Oktober, yang selama waktu itu bagian-bagian pucuk di atas permukaan tanah diamati. Lebar atau ketinggian setiap jalur, yang sepanjang tahun bervariasi, menyatakan kuantitas menurut nilai-nilai skala Braun-Blanquet dari r sampai 2. Oleh karena itu, semua jenis hadir hanya dalam jumlah kecil. Garis-garis tegak lurus dalam setiap jalur menunjukkan fase-fase fenologi vegetatif, yang didefinisikan sebagai berikut:

0 – 2	Daun pertama membuka	}	Sistem pucuk berkembang
3	Dua atau tiga daun membuka		
4 – 5	Hampir semua daun membuka		
6	Tumbuhan berkembang penuh		
7	Batang atau daun pertama menguning	}	Sistem pucuk mati
8 < 50%	sistem pucuk kuning		
9 – 10 > 50%	sistem pucuk kuning atau mati		

Bila lambang-lambang dipahami, diagram menunjukkan dalam sebuah pandangan integrasi fase-fase vegetatif di antara jenis dalam komunitas.

Perkembangan generatif ditunjukkan dalam diagram hanya untuk fase-fase berbunga dengan waktu dan kuantitas. Selain itu, warna bunga juga ditunjukkan.

Sering kali bermanfaat membuat catatan pendek tentang kondisi fenologi jenis sewaktu membuat analisis releve. Ini dapat dilakukan dengan menambahkan lambang-lambang berikut kepada nama tumbuhan yang didaftar:

k	kecambah	tu	bertunas (dalam hal tumbuhan dua-
s	semai		tahunan atau bertahunan)
st	tetap steril	l	layu atau hampir mati
b	berkuncup	g	gugur daun
bn	berbunga	m	mati atau pucuk-pucuk mengering
bu	berbuah	bj	hanya terdapat sebagai biji.

Untuk observasi fenologi yang lebih teliti disarankan menggunakan skala nomor, seperti, misalnya, diterangkan di atas dan dirancang oleh Ellenberg (1954) untuk penelaahan lapangan iklim-mikro.

## 8.6 KLASIFIKASI: BATAS-BATAS DAN KEMUNGKINAN

**8.6.1 Distribusi Tumbuhan dan Klasifikasi.** Semua yang pernah menganalisis releve vegetasi dalam jumlah besar akan membuat tiga observasi berikut:

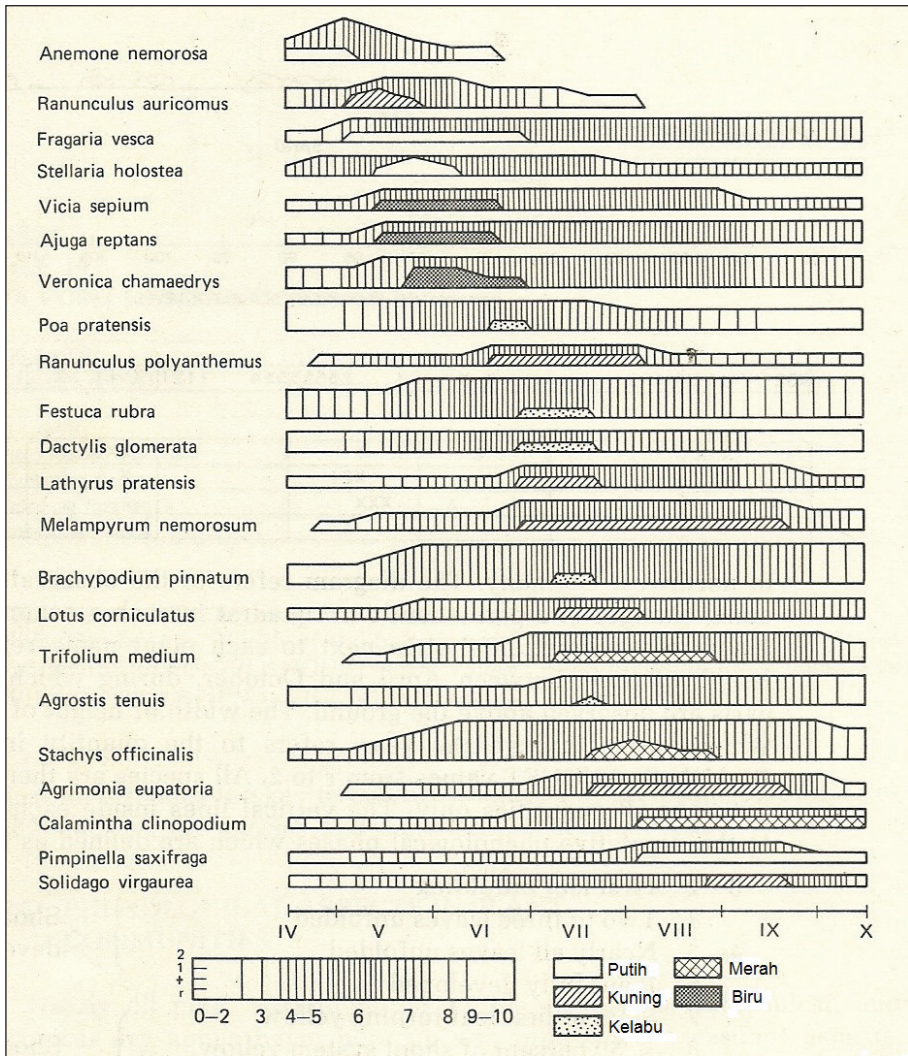
- a. Bahwa kombinasi jenis yang sama terjadi berulang-ulang di bawah kondisi habitat yang sama pula, bahkan di berbagai lokasi yang secara geografi terpisah.
- b. Bahwa tidak ada dua releve yang benar-benar sama dan bahwa tegakan yang berdekatan pun yang tampak terdapat dalam habitat yang sama menunjukkan perbedaan tertentu yang satu dari yang lain.
- c. Bahwa himpunan jenis berubah secara berkesinambungan jika cuplikan-cuplikan diambil dari komunitas utama yang secara geografi tersebar luas di seluruh kisaran sebarannya.

Oleh karena itu, kombinasi jenis yang berulang berkorelasi dengan lingkungannya. Akan tetapi, kombinasi-kombinasi jenis ini bervariasi dan variabilitasnya pada prinsipnya tidak terbatas, karena komunitas tumbuhan tidak mempunyai karakter organismik.

Tiga generalisasi di atas, yang terus-menerus diperkuat selama penelitian lapangan dalam waktu panjang, menentukan berbagai kemungkinan dan batasan-batasan sebuah klasifikasi komunitas tumbuhan secara sistematis. Sudah pasti kita dapat menderetkan komunitas tumbuhan yang banyak dan bervariasi menjadi suatu sistem yang komprehensif. Akan tetapi, deretan seperti itu hanya dapat dicapai bila kita mengabstraksi sifat-sifat khusus masing-masing komunitas. Selanjutnya, pengaturan yang rapih seperti itu hanya berlaku untuk kawasan geografi yang terbatas; yaitu pengaturan seperti itu hanya mempunyai nilai kepentingan secara lokal dan tidak dapat diekstrapolasikan ke kawasan lain tanpa studi lebih lanjut.

Butir terakhir menonjolkan perbedaan utama dengan klasifikasi taksonomi tumbuhan dan hewan. Klasifikasi taksonomi juga merupakan abstraksi, tetapi mengacu kepada populasi individu yang mempunyai hubungan genetik. Berlawanan dengan itu, hubungan komunitas dalam kelas vegetasi terdiri atas kesamaan-kesamaan tertentu dalam kombinasi tumbuhan dan sebab-sebab perkembangannya. Sebuah kelas vegetasi atau tipe komunitas merupakan hasil abstraksi kesamaan-kesamaan tertentu sejumlah komunitas-komunitas nyata.

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi



**Gambar 8.5** Diagram fenologi beberapa jenis terpilih dalam sebuah releve permanen dari komunitas *Trifolium-Melampyrum nemorosum* dekat Göttingen, Jerman. Penjelasan dalam teks (dari Dierschke 1972).

Seperti halnya dengan klasifikasi jenis, batuan, bentuk lahan, atau objek-objek studi lain, klasifikasi komunitas tumbuhan bergantung kepada masalah yang dipertanyakan dan kepada persetujuan umum. Klasifikasi diperlukan untuk komunikasi ilmiah, tetapi tidak akan pernah menjadi benar-benar objektif atau dicapai tanpa unsur pertimbangan pribadi.

### 8.6.2 KRITERIA DAN SISTEM UNTUK KLASIFIKASI VEGETASI

Komunitas tumbuhan dapat diklasifikasikan dengan kriteria berikut, bergantung pada sifat-sifat mana yang ditekankan:

- I. Sifat-sifat vegetasi sendiri
  - A. Kriteria fisiognomi dan struktur
    1. Bentuk-hidup atau bentuk-pertumbuhan tertentu
      - a) Bentuk-hidup dominan
      - b) Kombinasi berbagai bentuk-hidup
    2. Stratifikasi vertikal (pelapisan) dan “perkembangan organisasi” (yaitu kompleksitas dalam struktur seperti dihasilkan oleh susunan berbagai bentuk-hidup yang berbeda)
    3. Periodisitas (yaitu gugur-daun, dsb.)
  - B. Kriteria floristik
    1. Jenis tunggal (dalam kasus-kasus khusus juga 2-3 jenis)
      - a) Jenis dominan (berdasarkan tinggi atau penutup atau kombinasi dari keduanya)
      - b) Jenis yang paling sering ditemukan (atau jenis yang paling banyak)
    2. Kelompok-kelompok tertentu jenis tumbuhan
      - a) Kelompok-kelompok tumbuhan yang dibentuk dengan statistik vegetasi
        - (1) Jenis konstan (selalu hadir)
        - (2) Jenis diferensial (pemisah)
        - (3) Jenis penciri (indikator atau diagnostik)
      - b) Kelompok-kelompok tumbuhan yang dibentuk tanpa menggunakan statistik vegetasi
        - (1) Jenis dengan signifikansi ekologi sama
        - (2) Jenis dengan sebaran geografi sama
        - (3) Jenis dengan signifikansi dinamika sama
  - C. Kriteria hubungan numerik (koefisien komunitas)
    1. Antara jenis berbeda
    2. Antara komunitas berbeda
- II. Sifat-sifat di luar vegetasi
  - A. Diperkirakan fase akhir dalam perkembangan vegetasi (klimaks)
    1. Ditentukan dengan kombinasi bentuk-hidup
    2. Ditentukan dengan kriteria floristik

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

### B. Habitat atau lingkungan

#### 1. Faktor tempat tertentu

- a) Iklim
- b) Kondisi air
- c) Tanah
- d) Pengaruh antropogenik (praktik pengelolaan)

#### 2. Kombinasi faktor-faktor tempat

### C. Lokasi geografi komunitas

## III. Sifat-sifat yang mengombinasikan vegetasi dan lingkungan

A. Dengan analisis vegetasi secara independen (dalam pengertian I) dan analisis komponen lingkungan secara independen diikuti dengan korelasinya (misalnya dengan mencocokkan unit-unit peta)

B. Dengan analisis kombinasi vegetasi dan lingkungan serta penekanan kepada ketergantungan secara fungsional.

Semula perhatian difokuskan pada kriteria tunggal atau hanya beberapa kriteria saja untuk klasifikasi, seperti dalam klasifikasi jenis tumbuhan dan hewan. Sistem-sistem yang dikenal paling baik adalah:

1. Klasifikasi fisiognomi Grisebach (1872) dan Drude (1902).
2. Klasifikasi yang berorientasi lingkungan Warming (1909), Graebner (misalnya 1925) dan Sukachev (1932).
3. Klasifikasi fisiognomi-ekologi Schimper (1898), Diels & Mattick (1908), Brockman-Jerosch & Rübél (1912), Du Rietz (1921), dan Rübél (1933), (Du Rietz juga menggunakan jenis dominan)
4. Klasifikasi areal-geografi-floristik Schmid (1963) (terutama berdasarkan sebaran geografi jenis).
5. Klasifikasi dinamika-floristik Clements (1916, 1928), Tansley dan ekologiwan Amerika dan Inggris lain (terutama berdasarkan fase final perkembangan vegetasi).
6. Klasifikasi struktural-floristik Cajander (1908), Braun-Blanquet (1928) (Braun-Blanquet menggunakan sifat-sifat perkembangan organisasi komunitas selain dari kelompok jenis berdasarkan statistik)

Sistem klasifikasi tersebut masing-masing mempunyai kekurangan dan kelebihan. Kekurangan yang terdapat di semua sistem ini adalah infleksibilitas tertentu dalam melekatkan dengan konsistensi yang telah ditentukan lebih dahulu. Oleh karena itu, sistem-sistem ini tidak berlaku adil terhadap variabilitas

alami vegetasi dan dalam hal ini termasuk juga sistem-sistem yang dianggap paling berhasil, seperti sistem Braun-Blanquet. Sistem ini dianggap sistem klasifikasi “artifisial” atau “buatan.”

Sistematika taksonomi setelah Linné (yang telah mencobanya ke arah ini) berjalan mulai dari klasifikasi “artifisial” menuju klasifikasi alami, yang menekankan bukan saja sifat-sifat bunga, melainkan juga sifat-sifat lainnya, bila diperlukan. Perkembangan serupa terjadi dalam ilmu vegetasi; yaitu dalam pembentukan klasifikasi “alami” digunakan banyak kriteria dan diterapkan fleksibilitas secukupnya sehingga dapat merangkum variasi dalam tujuan dan objek studi.

Untuk vegetasi unit besar disarankan menggunakan kriteria fisiognomi-ekologi atau struktur, karena tanpa itu kita tidak dapat membuat perbandingan vegetasi yang terdapat di seluruh dunia. Sementara itu, kriteria floristik penting pada skala geografi yang lebih sempit. Bergantung kepada tujuan penelaahan, kita dapat juga menggunakan berbagai kriteria yang telah disebutkan di atas.

Meskipun demikian, satu prinsip dasar tidak boleh dilanggar, yaitu kesimpulan diambil hanya berdasarkan fakta yang ditelaah di lapangan dan bukan berdasarkan gagasan yang telah dibuat sebelumnya.

Pandangan yang mendasari enam sistem tersebut di atas penting sebagai landasan yang menunjang ekologi vegetasi masa kini. Kita akan membahas semua dalam bab-bab berikut ini.

Fosberg (1961) telah mengembangkan sistem yang murni berdasarkan fisiognomi menjadi sistem vegetasi untuk tujuan umum, yang didefinisikannya secara lebih ketat menurut struktur (Bab 8.7.3.). Klasifikasi yang berorientasi lingkungan diterangkan lebih lanjut dengan contoh skema zonasi biogeoklimat Krajina (Bab 8.8.1), dan prosedur khusus untuk studi korelasi vegetasi-lingkungan merupakan batang-tubuh Bab 11. Klasifikasi berdasarkan fisiognomi-ekologi yang dibuat Schimper, Rübél, dan lain-lainya berlanjut dengan sistem UNESCO untuk klasifikasi vegetasi dunia (Bab 8.7.4). Bila berorientasi pada areal-geografi-floristik, pengenalan sejarah dan evolusi ekologi vegetasi sangat penting dan diperlukan (Bab 12). Sistem klasifikasi dinamika-floristik yang dikembangkan Clements, Tansley, dan ekologiwan Inggris-Amerika lainnya, meskipun tidak lagi diterapkan seperti dalam pengertian Clements semula yang simplistik, telah menghasilkan pandangan dinamika dan penelitian dalam ekologi vegetasi, yang menjalar ke banyak daerah. Konsep dasarnya dibahas dalam Bab 13. Klasifikasi floristik-struktural Braun-Blanquet telah memengaruhi atau merangsang berbagai



teknik khusus tentang pengolahan data vegetasi. Metode dasar ditunjukkan dalam Bab 9 dan pendekatan matematika dan variasi-variasi tema pengurutan floristik dibahas dalam Bab 10.

Sekarang kita pilih dari daftar kriteria pengklasifikasian yang dewasa ini secara luas diterapkan dalam ekologi vegetasi. Kita mulai dengan konsep tipe struktural dan sistem-sistem yang memungkinkan kita dapat membuat perbandingan dalam skala dunia tentang vegetasi. Kemudian kita akan membahas skema kombinasi vegetasi-lingkungan atau ekosistem, yang juga banyak diterapkan di dunia. Akhirnya, kita akan memperkenalkan konsep-konsep dan sistem-sistem tipe floristik, yang dimaksudkan untuk membuat kerangka untuk studi ekologi regional yang terperinci. Bagian akhir berujung dengan Bab 9 dan 10, yang menyajikan cara-cara pengurutan floristik dan numeris serta pengklasifikasian data vegetasi.

## 8.7 UNIT DAN SISTEM VEGETASI MENURUT STRUKTUR

### 8.7.1 KONSEP FORMASI

Hampir semua usaha awal untuk mengklasifikasikan vegetasi didasarkan pada kriteria fisiognomi, yang dapat dikatakan terkait erat dengan sifat-sifat lingkungan. Komunitas-komunitas tumbuhan yang didominasi oleh satu bentuk-hidup khusus dan yang berulang pada habitat serupa disebut **formasi** (dalam pengertian fisiognomi-ekologi). Contohnya adalah hutan hujan tropik, rawa mangrove, gurun kaktus, steppa rumput, semak kerangas katai, dan kerangas. Pengenalan tipe-tipe seperti itu bermanfaat untuk orientasi awal dalam penentuan studi menurut perspektif yang benar.

Di Eropa, istilah formasi cenderung didefinisikan menurut fisiognomi; yaitu melalui sifat-sifat vegetasi itu sendiri. Atribut lingkungan ditambahkan hanya untuk deskripsi yang lebih rinci. Sementara itu, di Amerika konsep tersebut didefinisikan menurut geografi dan iklim; yaitu melalui sifat-sifat di luar penutup vegetasi itu sendiri. Dalam pengertian yang terakhir ini, fisiognomi vegetasi di daerah tertentu dalam kawasan iklim makro dan geografi digunakan hanya sebagai indikator umum untuk kawasan secara keseluruhan. Ini mengakibatkan timbulnya pemahaman yang sama sekali berbeda bagi istilah yang sama. Menurut Clements (1928), sebuah formasi adalah penutup tumbuhan secara umum dari suatu daerah yang meliputi beberapa variasi fisiognomi. Variasi-variasi ini diartikan sebagai bagian dari tipe fisiognomi yang dominan yang dikendalikan

oleh iklim. Misalnya, tipe fisiognomi yang dominan mungkin padang rumput, meskipun di daerah itu terdapat tegakan-tegakan semak dan hutan terbuka. Semua merupakan bagian formasi padang rumput jika terdapat di daerah iklim padang rumput. Gagasan yang sama dalam pengertian Eropa bukan sebuah formasi, melainkan sebuah kawasan vegetasi. Suatu kawasan vegetasi biasa mengandung mozaik tipe-tipe vegetasi yang sesungguhnya.

Clements mengenal juga mozaik vegetasi zonal atau regional ini, tetapi ia membuat istilah formasi menjadi kacau dengan menginterpretasikan bahwa mozaik vegetasi ini terdiri atas fase-fase perkembangan yang berbeda dari formasi yang sama. Clements mengelompokkan secara abstrak berbagai tipe vegetasi atau fase-fase tersebut dan mengonversikannya menjadi deretan suksesi, yaitu urutan menurut waktu. Ia percaya bahwa berbagai variasi regional yang berdampingan pada saatnya akan berubah menjadi formasi klimaks yang sama. Pemahaman tersebut telah menimbulkan berbagai asumsi yang tidak benar. Sistem seperti itu, yang menghubungkan semua unit vegetasi kepada fase akhir dalam suksesi, akan menghasilkan bagan raksasa. Akan tetapi, di berbagai daerah, bahkan di negara seperti Amerika Utara, di mana sebagian besar vegetasi asli pernah hadir, asumsi yang lemah harus diterapkan. Sistem ini cenderung memaksa untuk menempatkan komunitas-komunitas tertentu dalam posisi yang telah ditentukan sebelumnya. Sistem seperti itu akan dilengkapi dengan berbagai ketidakpastian di daerah-daerah dengan vegetasi yang telah dipengaruhi manusia. Ketidakpastian tersebut cukup untuk membuat sistem ini kurang bernilai ilmiah.

Berlawanan dengan interpretasi Clements, istilah formasi seperti dimaksudkan semula diartikan sebagai suatu unit vegetasi yang dapat dipetakan, yang dapat dengan mudah dikenal dengan bentuk-hidup dominan yang khas atau kombinasi berbagai bentuk-hidup. Pengertian istilah formasi ini digunakan oleh sistem formasi Fosberg (1961) dan UNESCO (lihat Ellenberg & Mueller-Dombois 1967A) yang dibahas dalam Bab 8.7.3, dan 8.7.4. Formasi mozaik vegetasi regional dan zonal Clements lebih tepat disebut **zona biogeoklimat** (*biogeoclimatic zone*) seperti didefinisikan oleh Krajina (1965) (lihat Bab 8.8.1).

### **8.7.2 KLASIFIKASI STRUKTURAL: SISTEM DANSEREAU DAN SISTEM KÜCHLER**

Sistem klasifikasi yang terkenal adalah sistem Dansereau (1957). Sistem ini menggunakan enam kategori: (a) bentuk-hidup tumbuhan, (b) ukuran tumbuhan, (c) penutupan, (d) fungsi (dalam pengertian tumbuhan meranggas dan tumbuhan

malar hijau), (e) bentuk dan ukuran daun, dan (f) tekstur daun. Masing-masing dari enam kategori ini mempunyai seperangkat kriteria yang dapat digunakan untuk mencirikan segmen vegetasi di lapangan. Misalnya, kategori bentuk-hidup tumbuhan termasuk enam kelompok bentuk-hidup umum: pohon, perdu, terna, lumut-lumutan, epifit, dan liana; kategori ukuran meliputi tiga kelas ketinggian: tinggi, menengah, dan rendah, yang untuk bentuk-hidup tertentu ditentukan secara kuantitatif (misalnya, ketinggian pohon rendah berkisar dari 8 hingga 10 m); kategori penutupan mencakup empat kriteria: gundul atau renggang sekali, tidak sinambung, dalam rumpun atau kelompok, dan sinambung. Masing-masing kriteria diberi sebuah lambang huruf. Lambang-lambang huruf ini dapat digabungkan untuk mendeskripsikan dan membedakan formasi sebagai unit-unit di lapangan, pada foto udara, atau pada peta. Selain itu, unit-unit peta juga dapat diinterpretasikan lebih lanjut dengan skema profil diagram. Diagram-diagram profil ini dibuat dari sebuah sistem lambang-lambang diagram, dan setiap lambang menyatakan sebuah kriteria struktur. Metode profil diagram Dansereau belum pernah diterapkan secara luas meskipun logis dan mempunyai ruang-lingkup dunia. Alasannya lambang-lambang diagram membuat diagram profil terlalu abstrak, sementara profil kurang skematis, seperti yang dibuat Beard (Gambar 8.3.) lebih mudah diinterpretasikan.

Sistem struktural lain yang terkenal adalah sistem Kùchler (1967), yang memberikan kemungkinan untuk menggunakan pendekatan hierarki. Sistem ini dimulai dari pemisahan vegetasi menjadi dua kategori besar yang pada dasarnya berupa: (a) vegetasi berkayu, dan (b) vegetasi terna. Dalam kategori pertama Kùchler membedakan tujuh tipe vegetasi berkayu [B = daun lebar malar hijau, D = daun lebar meranggas, E = daun jarum malar hijau, N = daun jarum meranggas, A = **afili** (*aphyllous*), s = semi-meranggas (B + D) dan M = bercampur (D + E)]. Dalam kategori kedua, ia membedakan tiga tipe vegetasi terna: [G = rerumputan dan yang serupa rumput, H = terna daun lebar, dan L = lumut dan lumut kerak]. Sepuluh kategori dasar fisiognomi ini dapat dibedakan lebih lanjut apakah mereka menunjukkan atau tidak dominansi bentuk-hidup terspesialisasi. Dalam sistem ini terdapat lima bentuk-hidup terspesialisasi: C = liana, K = batang sukulen, T = **tumbuhan memberkas** (*tuft plants*), V = bambu, dan X = epifit. Perbedaan utama ketiga dalam sistem Kùchler didasarkan kepada sifat daun yang dominan dalam vegetasi [h = keras (sklerofil), w = lunak, k = sukulen, l = besar (> 400 cm<sup>2</sup>) dan s = kecil (< 4 cm<sup>2</sup>)]. Pemisahan struktural lebih lanjut dibuat untuk ketinggian (stratifikasi) dan penutupan vegetasi. Kùchler membuat

delapan kelas untuk ketinggian (1 = < 0.1 m; 2 = 0,1–0,5 m; 3 = 0,5–2 m; 4 = 2–5 m; 5 = 5–10 m; 6 = 10–20 m; 7 = 20–35 m; 8 = > 35 m] dan untuk penutupan ada enam kelas [c = bersinambung (> 75%); i = terputus (50–75%); p = seperti taman atau dalam **tompok-tompok** (*patches*) (25–50%); r = jarang (6–25%); b = sedikit sekali atau sporadis; a = hampir tidak ada atau sangat langka (< 1%)].

Dengan seperangkat kategori dan kriteria ini, setiap segmen vegetasi dapat dicirikan secara struktural dengan rumus yang terdiri atas lambang-lambang huruf dan nomor tersebut di atas. Kùchler memberi berbagai contoh nyata dan menyatakan bahwa sistem ini dapat diterapkan kepada semua skala peta.

### 8.7.3 SISTEM FORMASI STRUKTURAL FOSBERG

Fosberg menyajikan aproksimasi yang pertama (1961) dan yang kedua (1967) tentang klasifikasi struktural umum vegetasi, yang dijadikan pedoman untuk pemetaan vegetasi bagi *International Biological Program* (IBP). Salah satu sifat utama sistem Fosberg adalah bahwa—seperti sistem Dansereau dan Kùchler—sistem ini dibuat semata-mata berdasarkan vegetasi yang ada dan dengan sengaja tidak memasukkan kriteria lingkungan. Sistem ini mempunyai keuntungan bahwa unit-unit vegetasi yang dibuat dengan cara ini dapat secara objektif dikorelasikan dengan pola-pola lingkungan yang dibuat secara independen, karena batas-batas vegetasi tidak dibuat berdasarkan sifat-sifat lingkungan. Bila batas-batas unit vegetasi dibuat sebagian berdasarkan sifat-sifat lingkungan, korelasi antara sebuah peta vegetasi seperti itu dengan peta lingkungan untuk daerah yang sama akan menjadi masalah, yang membawa kita kepada argumentasi yang berputar-putar.

Tujuan sistem Fosberg adalah untuk membagi penutup vegetasi di muka bumi ini menjadi unit-unit yang berarti bagi berbagai keperluan berdasarkan kriteria yang dapat diterapkan di seluruh dunia. Kriteria ini tidak dapat berdasarkan flora, karena sebaran jenis tumbuhan secara geografi terbatas (seperti dibahas dalam Bab 8.6.1) Oleh karena itu, kriteria terutama harus berdasarkan struktur.

Fosberg membuat perbedaan antara fisiognomi dan struktur. Fisiognomi mengacu kepada sifat vegetasi yang ditinjau dari penampilan luar dan sifat-sifat komposisi secara kasar, yang mengindikasikan unit-unit besar vegetasi, seperti hutan, padang rumput, savana, dan gurun. Struktur terkait dengan susunan biomassa tumbuhan dalam ruang. Selain itu juga Fosberg, menggunakan fungsi dalam pengertian pengguguran daun secara musiman lawan retensi daun dan

aspek khusus dari pertumbuhan atau bentuk-hidup sebagai kriteria penting untuk mengklasifikasikan penutup vegetasi.

Vegetasi diklasifikasikan dengan menggunakan kunci. Dimulai dengan membagi vegetasi menjadi tiga alternatif, yaitu vegetasi tertutup, terbuka, atau **renggang** (*sparse*). Jadi, pertimbangan pertama diberikan kepada pengaturan ruang atau penutup dari biomassa tumbuhan. Didefinisikan tertutup bila tajuk-tajuk atau pucuk-pucuk saling berpautan satu dengan lainnya, terbuka bila tidak bersentuhan, renggang bila tumbuhan dipisahkan oleh jarak rerata yang lebih besar daripada diameter tajuk atau pucuk vegetasi renggang dipersamakan dengan istilah gurun, yang lebih lanjut didefinisikan sebagai vegetasi dengan tumbuhan terpencah sedemikian sehingga substrat mendominasi lanskap.

Pemisahan pertama ini menghasilkan unit-unit vegetasi peringkat pertama, yang disebut **kelompok struktur utama**, yaitu tertutup, terbuka, dan renggang. Dalam masing-masing kelompok ini, unit vegetasi peringkat kedua dapat dipisahkan dan disebut kelas formasi.

Sebagai contoh, dalam kelompok struktur utama tertutup, kelas-kelas formasi dibedakan sebagai hutan, savana tinggi, savana rendah (tinggi dan rendah mengacu kepada ketinggian lapisan rumput), semak, semak katai, rumput tinggi, rumput pendek, vegetasi terna berdaun lebar. Oleh karena itu, dalam pembagian formasi kelas, pertimbangan pertama ditekankan kepada perbedaan ketinggian lapisan vegetasi serta kesinambungan dan ketidaksinambungan vegetasi. Namun, setidaknya-tidaknya satu dari lapisan-lapisan sebuah unit vegetasi harus berkesinambungan, atau tertutup, untuk membedakan semua kelas-kelas formasi dari kelompok struktur utama terbuka.

Tiga puluh satu kelas formasi dapat dibedakan dalam kunci pertama. Masing-masing kelas formasi kemudian dipecah menjadi kunci-kunci terpisah. Dalam pembagian pertama dalam setiap kelas formasi digunakan fungsi, yang menunjukkan apakah pada lapisan dominan dedaunan malar hijau atau ada periode tidak berdaun. Pemisahan fungsional ini membedakan peringkat ketiga, yang disebut kelompok formasi. Pemisahan lebih lanjut dalam kelompok formasi berakhir dengan unit-unit peta sebenarnya, yang diacu sebagai formasi.

Formasi-formasi ini dibedakan berdasarkan bentuk-hidup yang dominan, dengan penekanan pada tekstur daun [**sklerofili** (*sclerophyllous*), **ortofili** (*orthophyllous*) = tekstur daun biasa sebaliknya dari sklerofili]; ukuran daun [(**megafili** (*megaphyllous*) = paling tidak panjang 50 cm dan lebar 5 cm, **mesofili**

(*mesophyllous*) = daun berukuran biasa, dan **mikrofil** (*microphyllous*) = untuk pohon dimensi paling besar 2,5 cm dan untuk perdu 1 cm atau kurang)]; bentuk daun (sempit lawan lebar); derajat kehadiran duri cabang atau **kegandilan** (*thorniness*); dan bentuk pertumbuhan [berbonggol lawan lurus, sukulen, **seperti rerumputan** (*graminoid*), dsb.]

Adakalanya formasi-formasi ini, yang mewakili peringkat keempat, dibagi lagi menjadi berbagai subformasi—pembagian kelima dan terakhir. Misalnya, formasi “hutan berbonggol malar hijau” dibagi lebih lanjut menjadi dua subformasi, “hutan berbonggol malar hijau berlumut” dan “hutan berbonggol malar hijau sklerofil.”

Satu atau lebih contoh vegetasi yang cocok dengan definisi struktur disajikan untuk setiap formasi dan subformasi. Glosarium mendefinisikan semua istilah-istilah teknis.

Gambar 8.6. menunjukkan singkatan sistem Fosberg. Tiga kelompok struktur utama (vegetasi tertutup, terbuka, dan renggang) ditunjukkan di sebelah kiri bersama kelas-kelas formasinya. Setiap kelompok struktur utama juga mengandung dua kelas formasi akuatik—**ara-ara terendam** (*submerged meadows*) dan **ara-ara terapung** (*floating meadows*). Pembagian dan definisi lebih lanjut ditunjukkan dengan lambang-lambang di sebelah kanan setiap nama kelas formasi. Tipe bentuk-hidup utama tertulis di atas setiap kolom. Kotak-kotak hitam menunjukkan strata vegetasi yang tertutup dalam 17 kelas-kelas formasi tertutup yang berbeda. Kriteria paralel yang mencirikan vegetasi terbuka dan renggang ditunjukkan juga dengan cara serupa untuk lapisan-lapisan penting yang membentuk struktur dalam dua kelompok struktur utama. Lambang-lambang tambahan memberikan informasi lebih lanjut tentang lapisan-lapisan selebihnya di dalam kelas-kelas formasi.

Sistem klasifikasi ini adalah buatan, karena, misalnya, kriteria utama pengaturan menurut ruang dapat memisahkan beberapa vegetasi yang menurut lingkungan dan floristik sangat serupa menjadi kelompok-kelompok struktur utama. Sementara itu, sistem ini juga bermanfaat sebagai alat praktis untuk pemetaan dan pengorganisasian data vegetasi untuk tujuan-tujuan umum. Asosiasi floristik dapat dipelajari dalam dan lintas kerangka struktur yang diberikan unit-unit. Pola-pola struktur vegetasi dapat dibandingkan dengan iklim, tanah, sejarah, dan peta-peta lingkungan, dan atas dasar ini ekosistem utama regional atau zonal dapat dirumuskan.

#### 8.7.4 SISTEM FORMASI STRUKTUR-EKOLOGI UNESCO

Sistem klasifikasi ini telah diterbitkan beberapa waktu yang lampau (Ellenberg & Mueller-Dombois 1967a, UNESCO *Standing Committee on Classification and Mapping* 1969; 1973), dan juga telah diterbitkan dalam versi pendek oleh Reichle (1970). Untuk rinciannya sistem ini dicantumkan sebagai Lampiran B. Sistem ini dapat digunakan sebagai landasan untuk pemetaan vegetasi dunia dengan skala 1:1 juta dalam kaitannya dengan unit-unit vegetasi yang paralel dengan lingkungan atau habitat di berbagai bagian bumi. Berbagai klasifikasi yang ada telah ditelaah dan ini telah memengaruhi pemikiran komite (terutama sistem Rubel). Akan tetapi, di antara sistem-sistem yang ada tidak sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Seperti dalam sistem Fosberg, struktur merupakan kriteria pemisah utama. Akan tetapi, istilah-istilah mengenai iklim, tanah, dan bentuk lahan dimasukkan dalam nama-nama vegetasi dan definisi, bila sekiranya istilah-istilah tersebut membantu dalam identifikasi unit-unit. Alasannya bahwa perbedaan ekologi yang penting dalam habitat tidak selalu dicerminkan oleh tanggapan struktur dan fisiognomi vegetasi yang mudah didefinisikan. Misalnya, hutan hujan pamah tropik secara ekologi berbeda dari hutan hujan pegunungan tropik, tetapi perbedaan strukturnya hanya tampak di daerah-daerah tertentu dan tidak dalam skala dunia.

Meskipun digunakan nama-nama lingkungan, unit-unit yang didefinisikan di sini adalah unit-unit vegetasi nyata, karena unit-unit tersebut hanya dapat dipetakan bila vegetasi di suatu daerah ada dalam bentuk yang sesuai dengan definisi di sini.

Unit-unit vegetasi didaftar menurut urutan hierarki di bawah tujuh kelas formasi masing-masing berikut ini.

1. Hutan tertutup (*Closed forests*)
2. Hutan terbuka (*Woodlands or open forests*)
3. Semak atau komunitas perdu (*Scrub or shrubland*)
4. Semak-katai dan unit-unit terkait (*Dwarf-scrub and related units*)
5. Komunitas menerna terestrial (*Terrestrial herbaceous communities*)
6. Gurun dan daerah lain dengan vegetasi renggang (*Deserts and other sparsely vegetated areas*)
7. Berbagai formasi tumbuhan akuatik (*Aquatic plant formations*)

Jadi, pengaturan menurut ruang dan tinggi bentuk-pertumbuhan yang dominan diperlakukan sebagai kriteria yang paralel dalam pembedaan kelas-

kelas formasi. Setiap kelas formasi berkayu dibagi lagi menjadi **sub-kelas formasi** berdasarkan apakah vegetasi terutama malar hijau atau meranggas. Ini kemudian dipisahkan menjadi **kelompok-kelompok formasi** berdasarkan iklim makro tempat mereka terdapat. Misalnya, di antara hutan-hutan tertutup yang terutama malar hijau dibedakan hutan ombrofil tropik (atau hutan hujan), hutan musiman tropik dan subtropik, hutan semi-meranggas tropik dan subtropik, hutan hujan iklim-sedang, dsb. Pembagian yang lebih rendah berikutnya adalah **formasi**. Formasi dalam **hutan hujan tropik** (*tropical rain forests*) adalah **hutan hujan pamah tropik** (*tropical lowland rain forests*), **hutan hujan subpegunungan** dan **pegunungan tropik** (*tropical submontane and montane rain forests*), **hutan halimun tropik** (*tropical cloud forests*), **hutan hujan subalpin tropik** (*tropical subalpine rain forests*) [biasanya transisi ke **hutan terbuka** (*transitory to woodlands*)], **hutan aluvium tropik** (*tropical aluvial forests*), **hutan hujan rawa tropik** (*tropical swamp rain forests*), dan hutan **rawa gambut tropik** (*tropical bog forests*). Aras lebih rendah berikutnya mewakili **subformasi**, yang bersama-sama dengan formasi dianggap sebagai unit peta utama. Misalnya, hutan halimun tropik dibagi menjadi subformasi berdaun-lebar (bentuk yang paling umum) dan subformasi berdaun-jarum atau subformasi mikrofil. Definisi berdaun-lebar dan mikrofil mengikuti definisi yang diberikan dalam kunci bentuk-hidup (Lampiran A).

Klasifikasi menyajikan bagan semua formasi yang telah dikenal baik di muka bumi. Sistem ini lentur dan membolehkan unit-unit tambahan dimasukkan bila sekiranya diperlukan. Sistem ini juga menyajikan kerangka yang memungkinkan untuk memasukkan unit-unit yang secara floristik berbeda dalam jumlah yang tidak terbatas (yang terdapat di berbagai lokasi yang terpencah di seluruh permukaan bumi) menjadi kategori-kategori abstrak yang secara fisiognomi dan ekologi setara.

Baik klasifikasi UNESCO maupun Fosberg dapat diterapkan untuk membuat kategori vegetasi di lapangan dan pada peta secara perbandingan dalam masing-masing sistem dan juga antara kedua sistem tersebut.

Sistem Fosberg merupakan alat yang siap pakai di lapangan untuk pemetaan. Sistem ini memberikan jalan membuat unit-unit vegetasi murni untuk dikorelasikan dengan unit-unit lingkungan yang telah dipetakan secara independen dengan skala sama. Karena sistem ini berorientasi khusus kepada struktur, dapat saja vegetasi-vegetasi yang secara ekologi sangat berbeda dikelompokkan dalam unit yang sama. Misalnya hutan hujan pamah tropik dan hutan hujan pegunungan tropik dapat membentuk satu unit vegetasi. Tetapi



## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>■</b> Tertutup</p> <p><b>O</b> Terbuka</p> <p><b>S</b> Renggang</p> <p><b>x</b> Tidak ada sampai tertutup</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>ao</b> Tidak ada sampai terbuka</p> <p><b>s</b> Tidak ada sampai jarang</p> <p><b>□</b> Tidak ada</p> </div> </div>		Akuatik terapung	Akuatik terendam	Lumut	Terna berdaun lebar	Rumput pendek	Rumput tinggi	Perdu katai	Perdu	Pohon
<b>1 Vegetasi tertutup</b>										
<b>A</b>	Hutan			x	x	x	x	x	x	
<b>B</b>	Semak			x	x	x	x	x		
<b>C</b>	Semak katai			x	x	x				
<b>D</b>	Hutan terbuka dengan lapisan bawah tertutup								O	
<b>E</b>	Semak tertutup dengan pohon terpencar			x	x	x	x	x	S	
<b>F</b>	Semak katai dengan pohon terpencar			x	x	x			S	
<b>G</b>	Semak terbuka dengan penutup tanah tertutup								O	
<b>H</b>	Semak katai terbuka dengan penutup tanah tertutup								O	
<b>I</b>	Savana tinggi							s	s	
<b>J</b>	Savana rendah							s	s	
<b>K</b>	Savana perdu								s	
<b>L</b>	Rumput tinggi			x	x	x				
<b>M</b>	Rumput pendek			x	x					
<b>N</b>	Vegetasi terna berdaun lebar			x		ao	ao			
<b>O</b>	Vegetasi lumut tertutup							s	s	
<b>P</b>	Ara-ara terendam	ao								
<b>Q</b>	Ara-ara terapung		x							
<b>2 Vegetasi terbuka</b>										
<b>A</b>	Hutan stepa			ao	ao	ao	ao	ao	ao	
<b>B</b>	Semak stepa			ao	ao	ao	ao	ao	O	
<b>C</b>	Semak stepa katai			ao	ao	ao			O	
<b>D</b>	Savana stepa			ao	ao		O	ao	ao	
<b>E</b>	Savana stepa perdu			ao	ao	ao	ao	s	S	
<b>F</b>	Savana stepa perdu katai			ao	ao	O			S	
<b>G</b>	Stepa							O		
<b>H</b>	Stepa lumut									
<b>I</b>	Ara-ara terbuka terendam	s	O							
<b>J</b>	Ara-ara terbuka terapung	O	s							
<b>3 Vegetasi renggang</b>										
<b>A</b>	Hutan gurun			s	s	s	s	s	s	
<b>B</b>	Semak gurun			s	s	s	s		S	
<b>C</b>	Vegetasi terna gurun						S			
<b>D</b>	Ara-ara jarang terapung	S								

**Gambar 8.6** Singkatan sistem formasi Fosberg (dari Peterken 1967).

perbedaan ekologi akan tampak bila unit-unit vegetasi dibandingkan dengan peta-peta lingkungan daerah itu, dan dengan cara demikian tidak akan ada argumentasi yang tak berujung-pangkal.

Sistem struktur-ekologi UNESCO sejak awal memberikan informasi lingkungan-geografi sehingga akan tampak segera orientasi yang menunjukkan manfaat untuk inventarisasi di seluruh dunia. Sistem ini menyajikan sebuah

bagan tipe-tipe yang tersedia dan tinjauan umum yang bermanfaat untuk berbagai tujuan statistik. Misalnya vegetasi yang terancam kepunahan di berbagai tempat di dunia dapat disisihkan untuk konservasi. Kriteria pemetaan yang khusus harus diolah secara regional dalam kerangka ini. Ini semua dapat dengan mudah dibuat berdasarkan kombinasi kriteria-kriteria struktur dan floristik yang penting secara regional.

Kedua sistem tersebut di atas adalah buatan. Misalnya, sebuah hutan terbuka dapat berbeda dari hutan tertutup hanya karena gangguan. Akan tetapi, tujuan utama kedua sistem tersebut adalah identifikasi berbagai vegetasi. Susunan berdasarkan hubungan ekologi, sosiologi, atau sejarah akan menjadi kendala bagi nilai diagnostik klasifikasi seperti itu. Selanjutnya, sistem seperti itu tidak akan pernah dapat dituntaskan karena hubungan ekologi, sosiologi, atau sejarah merupakan objek untuk penelitian dan penyesuaian yang berlanjut.

#### **8.7.5 SINUSIA: TRANSISI KE INTERPRETASI UNIT FLORISTIK DAN FUNGSIONAL**

Setiap komunitas tumbuhan terdiri atas beberapa kelompok bentuk-hidup (lihat Bab 8.3). Kelompok-kelompok bentuk-hidup ini mempunyai kepribadian sendiri dalam hubungannya dengan komunitas. Karena itu, berbagai peneliti, khususnya Gams (1918), menganggap berbagai bentuk-hidup sebagai unit-unit dasar yang sebenarnya.

Sekelompok tumbuhan dengan tipe bentuk-hidup sama yang terdapat bersama-sama di suatu habitat yang sama disebut **sinusia** atau **kesatuan** (*union*). Sebuah sinusia dapat terdiri atas jenis yang sama sekali tidak berkerabat, yang di habitat lain sebagian saling menggantikan.

Komunitas tumbuhan sederhana terdiri hanya satu sinusia, misalnya komunitas lumut kerak pada batuan dan pepagan pohon. Akan tetapi, sebagian besar habitat diduduki oleh beberapa sinusia, yang dapat tumbuh berlapis satu di atas yang lain, bersebelahan, atau bercampur. Misalnya, komunitas kerangas-*Calluna* di Jerman Utara terdiri atas sebuah lapisan perdu-katai malar hijau (*s Ch frut*, sinusia 1); di bawah naungannya tumbuh sinusia permadani-lumut (*Br Ch rept*, sinusia 2), yang terdapat juga dengan komposisi yang sangat mirip pada humus masam hutan, Pada tanah yang lebih terbuka, yang disebabkan oleh ketidaksinambungan lapisan kerangas, terdapat kesatuan lumut-kerak memerdu (*Li Ch*, sinusia 3), yang bahkan mempunyai kepribadian yang lebih besar. Lumut-kerak epifit (*Th E*, sinusia 4) sering ditemukan pada cabang-cabang tua

tumbuhan kerangas. Adakalanya kesatuan-hemikriptofit (sinusia 5) menembus ke komunitas *Calluna*, yang pusat sebaran utamanya ada di komunitas padang rumput. Kombinasi sinusia kelima ini ditemukan di daerah dengan iklim lebih kontinental di Jerman Timur dan Polandia dan juga hanya dalam situasi setengah naungan di bawah kanopi pohon terbuka. Kanopi pohon biasanya terdiri atas pinus, yang merupakan sinusia keenam. Komunitas hutan campuran daun-lebar sering terdiri atas lebih dari 10 sinusia.

Keuntungan konsep sinusia sangat jelas; sinusia dapat dikenali dengan mudah, bahkan tanpa pengetahuan nama jenis. Deskripsi berbagai kombinasi sinusia melukiskan komunitas dengan jelas dan memberikan gambaran tentang kondisi habitat. Kombinasi sinusia dapat ditelusuri bahkan melintasi berbagai kawasan floristik yang berbeda dan memungkinkan untuk memahami hubungan ekologinya. Karena itu, pendekatan ini bermanfaat untuk perbandingan dalam skala dunia—seperti juga formasi.

Namun, bila kita menggunakan sinusia sebagai unit dasar untuk membuat klasifikasi vegetasi, kita akan memisahkan dengan sewenang-wenang kesatuan ekologi dan topografi semua komunitas yang terdiri atas beberapa sinusia, seperti tegakan-tegakan hutan atau komunitas kerangas. Sinusia hendaknya diperlakukan sebagai subunit yang dapat didefinisikan secara struktural (yaitu komunitas-lapis atau tipe bentuk-hidup) dalam sebuah komunitas tumbuhan. Sifat dan derajat interdependensi kadang-kadang mudah terlihat, tetapi lebih sering merupakan subjek untuk diteliti. Komposisi jenis tidak dapat diabaikan dalam studi vegetasi secara rinci. Oleh karena itu, sebagian besar peneliti memandang unit vegetasi yang ditentukan secara floristik lebih bermanfaat ketimbang unit vegetasi yang didefinisikan berdasarkan struktur. Akan tetapi, bila analisis struktur sinusia dan komposisi floristik dilaksanakan bersama-sama, akan diperoleh gabungan keuntungan-keuntungan dari dua pendekatan tersebut. Misalnya, formasi-formasi hutan yang serupa (seperti hutan hujan malar hijau pegunungan) di kawasan floristik berbeda dapat dibandingkan dengan sinusia yang terdapat di dalamnya. Dalam setiap sinusia dibuat daftar jenis dengan kuantitasnya dan keanekaragaman jenis dalam setiap sinusia pun dapat diungkapkan. Dengan cara demikian perbandingan dapat dibuat dengan landasan ekologi yang andal.

Dari konsep sinusia ini dapat dikembangkan konsep fungsional tentang **kelompok jenis ekologi** (*ecological species group*) (Bab 11.1) dan **relung umum** (*general niche*) (Bab 12.7.3). Seperti diketahui, individu-individu dari jenis yang sama adalah kompetitor kuat untuk seperangkat sumber daya dasar yang

sama yang tersedia dalam habitat, karena mereka secara morfologi, anatomi dan fisiologi telah sama-sama teradaptasi. Pada tingkat yang lebih umum, anggota-anggota sinusia (individu-individu dari berbagai taksa yang berbeda yang tumbuh bersama-sama dan termasuk ke dalam tipe bentuk-hidup yang sama) diperkirakan bersaing untuk sumber daya yang sama di dalam sebuah habitat. Kompetisi antara jenis anggota sebuah sinusia diperkirakan lebih kuat dibandingkan dengan kompetisi antara jenis dari komunitas yang sama tetapi termasuk ke dalam sinusia yang berbeda. Meskipun demikian, pengertian yang ditinjau dari hubungan struktural antara jenis anggota sebuah komunitas ini hanya merupakan sebuah hipotesis. Bukti langsung tentang hubungan seperti itu hanya dapat dimantapkan dengan pengukuran dan eksperimen yang teliti.

## **8.8 SISTEM KOMBINASI VEGETASI-LINGKUNGAN ATAU EKOSISTEM**

### **8.8.1 SISTEM ZONASI BIOGEOKLIMAT KRAJINA**

Konsep **zona biogeoklimat** (*biogeoclimatic zone*) atau konsep zona berlandaskan biologi, geologi, dan iklim berasal dari konsep zona vegetasi. Zona vegetasi adalah penutup vegetasi yang terdapat di suatu kawasan geografi khusus atau zona yang mempunyai iklim-makro yang seragam. Sementara itu, penutup vegetasi suatu kawasan atau zona iklim-makro biasanya merupakan suatu mozaik yang dibentuk oleh beberapa komunitas tumbuhan yang berbeda. Oleh karena itu, konsep komunitas zonal (sebanding dengan komunitas klimaks iklim, lihat Bab 13.55) ini berbeda sekali dengan konsep formasi, yang mengacu kepada sebuah komunitas khusus yang ditentukan menurut struktur atau fisiognomi-ekologi.

Istilah zona biogeoklimat menyiratkan pengenalan zonal bukan saja vegetasi dan iklim, melainkan juga hewan, tanah, dan substrat geologi. Krajina (1965) mendefinisikan zona biogeoklimat sebagai sebuah kawasan geografi yang terutama dikuasai oleh iklim-makro yang sama dan dicirikan oleh tanah yang sama serta vegetasi zonal (vegetasi klimaks iklim) yang sama. Oleh karena itu, pada intinya sebuah zona biogeoklimat dapat dianggap sebagai sebuah ekosistem yang secara geografi mencakup kawasan regional yang luas yang mengandung beberapa ekosistem yang lebih kecil. Dengan demikian, sistem Krajina bukan skema vegetasi, melainkan skema ekosistem.

Dalam pengertian Sukachev (1945), ekosistem-ekosistem yang lebih kecil adalah biogeosenosis. Garis besar biogeosenosis ditunjukkan oleh fitosenosis,

yang berupa komunitas tumbuhan dengan definisi sempit tetapi dapat dipetakan. Definisi sempit diartikan bahwa vegetasi harus homogen bukan hanya dalam lapisan dominan saja tetap dalam semua lapisan. Dalam sebuah hutan, misalnya, bukan saja komposisi jenis pohon, melainkan juga tumbuhan lapisan bawah harus homogen. Oleh karena itu, pemilihan tegakan cuplikan sama dengan dalam metode releve (Bab 5).

Bagan geografi sebuah zona biogeoklimat ditentukan berdasarkan iklim, vegetasi, dan tanah. Zona biogeoklimat ini dapat dikenal di lapangan dengan vegetasi zonal yang sama, tanah zonal yang sama, dan iklim-makro (iklim zonal) yang sama. Vegetasi zonal dan tanah zonal terdapat hanya pada habitat mesik (moderat), di mana tanah telah matang selama beribu-ribu tahun dan vegetasi pada dasarnya tidak terganggu selama ratusan tahun. Habitat-habitat mesik di suatu daerah, yang sangat kuat dipengaruhi oleh glasiasi, terbentuk dari tanah glasial dalam atau aluvium dengan **lanau** (*silt*), dan butiran-butiran pasir halus dominan. Habitat-habitat ini tidak terkena aliran berlebihan dan tidak dipengaruhi oleh air rembesan yang berkepanjangan. Kandungan air dalam tanah seluruhnya berasal dari presipitasi (terutama hujan dan salju).

Habitat-habitat lain lebih kering atau lebih basah dibandingkan dengan habitat mesik. Dalam dua hal tersebut, habitat-habitat seperti itu mempunyai tanah yang berbeda. Dalam habitat-habitat seperti itu air dapat dengan mudah **disalurkan** (*drained*), karena tanahnya dangkal atau terbentuk dari bahan kasar, atau terdapat surplus air yang mengalir secara lateral dari habitat lain. Ekosistem seperti itu, yang ditinjau dari segi tanah berbeda dari ekosistem mesik berdasarkan biogeoklimat melalui iklim-makronya, masih merupakan bagian ekosistem mesik, sehingga tidak bisa diabaikan dalam karakterisasi zona. Vegetasinya mungkin berbeda, yang secara floristik, mereka termasuk ke dalam beberapa aliansi lain dan ordo (menurut konsep Braun-Blanquet) vegetasi yang terdapat pada tempat-tempat yang mesik.

Setiap biogeosenosis sebuah zona biogeoklimat tertentu mempunyai perkembangan yang khas, yang diwakili oleh fitosenosis berturutan. Beberapa biogeosenosis dapat berkembang serupa di beberapa zona, asalkan beberapa faktor lingkungan pengimbang berfungsi di sini.

Tidak setiap tempat mesik diwakili oleh tanah zonal dan vegetasi zonal, sebab tanah zonal matang hanya dapat berkembang selama beberapa ribu tahun dari bahan induk yang dalam dan lepas dan juga karena vegetasi zonal berkembang

tanpa gangguan selama ratusan tahun. Oleh karena itu, endapan aluvium yang relatif muda terdiri atas tanah-tanah yang lebih muda dan subur dan biasanya tertutup unit-unit vegetasi atau biogeosenosis yang lebih banyak.

Beberapa zona biogeoklimat mungkin mempunyai persamaan dalam hal vegetasi zonal dan sifat-sifat tanah, tetapi mereka dapat dibedakan sebagai zona terpisah oleh ekosistem yang berbeda, yaitu oleh ekosistem yang lebih basah atau lebih kering, yang terdapat dalam zona yang sama dengan ekosistem mesik. Oleh karena itu zona-zona biogeoklimat ditentukan bukan hanya oleh ekosistem-ekosistem mesik dan matang, melainkan juga oleh unit-unit ekosistem lain, yang terdapat dalam iklim-makro yang sama.

Iklim-makro berperan sebagai pengendali, sedangkan vegetasi dan tanah bergantung kepada iklim. Krajina mencirikan masing-masing zona dengan 19 parameter iklim. Sebagai pegangan utama, ia menggunakan sistem zonasi bioklimat Köppen (1936), yang meliputi unit-unit yang dapat dipetakan, terutama berlandaskan kombinasi sebaran tahunan suhu dan presipitasi bulanan rerata. Untuk mencirikan dan memisahkan zona-zona biogeoklimat, Krajina menggunakan juga beberapa parameter iklim ekstrem, seperti suhu absolut maksimum dan minimum, bulan dengan presipitasi tertinggi (terbasah) dan terendah (terkering), turun-salju tahunan, keterdapatan awan, dsb. Selain 19 parameter iklim tersebut, setiap zona dicirikan juga dengan elevasi, garis lintang, tanah zonal, dan proses pembentukan tanah zonal. Tanah zonal sebanding dengan **konsep grup besar tanah** (*great soil group*) yang digunakan dalam klasifikasi tanah.

Dalam pemetaan zona biogeoklimat yang sebenarnya, topografi merupakan kriteria utama karena mengintegrasikan semua parameter iklim (suhu, hujan, lamanya kehadiran salju, keterbukaan terhadap angin, kehadiran awan) dan bahkan vegetasi dan tanah.

Sistem zonasi biogeoklimat dibuat berdasarkan hasil studi terinci berbagai biogeosenosis. Jumlah tipe-tipe biogeosenosis dalam sebuah zona bervariasi dari delapan sampai dua puluh dan setiap tipe biogeosenosis didasarkan atas studi ekologi terinci paling tidak sepuluh biogeosenosis nyata di lapangan. Unit-unit biogeosenosis diintegrasikan oleh lingkungan-makro yang sama menjadi zona biogeoklimat. Oleh karena itu, Krajina menekankan bahwa zona biogeoklimat merupakan sebuah integrasi tingkat atas yang membawahi biogeosenosis. Pendekatan sistem ini sangat berbeda dengan sistem klasifikasi struktural

yang telah diuraikan terdahulu, yang berangkat dari aspek-aspek yang luas dan berlanjut dengan aspek-aspek yang lebih terinci. Selain itu, dalam sistem terdahulu pemetaan dibuat berdasarkan batas-batas vegetasi nyata. Dalam sistem zonasi biogeoklimat, batas-batas dibuat berdasarkan tanah, iklim, dan vegetasi, sedangkan topografi digunakan sebagai integrator. Sistem Krajina memerlukan pengetahuan yang mendalam tentang ekologi vegetasi keseluruhan dari suatu kawasan sebelum batas-batas zona ditentukan secara rinci. Sistem Krajina ini sebenarnya adalah hasil studi intensif selama bertahun-tahun dari ekologi vegetasi di British Columbia (Krajina 1960; 1965; 1969). Sistem ini telah diinterpretasikan juga untuk *Biology Textbook Series (yellow version)* oleh Phillips (1964).

### 8.8.2 KLASIFIKASI EKOSISTEM DUNIA

Ellenberg (1973) menyajikan skema untuk membagi dunia secara fungsional menjadi sebuah hierarki ekosistem. Ekosistem yang paling besar dan yang merangkum secara keseluruhan adalah **biosfer** (*biosphere*) yaitu kulit luar planet kita (tanah, air, dan atmosfer), yang merupakan media bagi kehidupan berbagai organisme, termasuk laut sampai kedalaman maksimum. Biosfer dibagi lebih lanjut menjadi dua kelompok utama menurut tipe sumber energi: (a) **ekosistem alami** atau **pradominan alami** (*natural or predominantly natural ecosystems*), yang fungsinya bergantung langsung kepada matahari sebagai sumber energi; dan (b) **ekosistem kota-industri** (*urban-industrial ecosystems*), yang fungsinya bergantung kepada energi yang berasal dari berbagai bahan, seperti minyak bumi /fosil dan nuklir.

Enam kriteria pemisah digunakan pada berbagai tingkat dalam hierarki:

1. Media kehidupan yang umum (udara, air, tanah, bangunan).
2. Biomassa dan produktivitas produsen primer.
3. Faktor pembatas aktivitas produsen primer, konsumen, dan pengurai.
4. Mekanisme pengaturan bahan-bahan atau perolehan atau kehilangan hara.
5. Peran relatif produsen sekunder [misalnya herbivor, karnivor, parasit, dan pemroses mineral (*mineralizer*) lain].
6. Peran manusia dalam ekosistem (misalnya peran dalam asal, pengembangan, aliran energi, dan pendauran mineral dalam ekosistem, khususnya fungsi manusia dalam melengkapi sumber energi).

Sebuah urutan hierarki diperoleh dengan menempatkan ekosistem-ekosistem yang lebih kecil secara berurutan di dalam ekosistem yang lebih besar.

Dimulai dengan biosfer, tingkat lebih rendah berikutnya adalah ekosistem-mega. Lima ekosistem-mega dapat dikenal dengan media-kehidupan (kriteria 1) yang mewakilinya (huruf kapital seperti digunakan dalam kunci Ellenberg):

M	Ekosistem marin (air masin)	} Pradominan alami
L	Ekosistem limnik (air tawar)	
S	Ekosistem semi-terestrial (tanah-basah dan udara)	
T	Ekosistem terestrial (tanah berudara dan udara)	
U	Ekosistem kota-industri (ciptaan manusia) artifisial	

**Ekosistem-makro** (*macro-ecosystems*) mewakili tingkat lebih rendah berikutnya di dalam setiap ekosistem-mega. Ekosistem-makro masih merupakan unit sangat luas atau unit inklusif yang dipisahkan terutama dengan kriteria 2 sampai 4 (misalnya hutan).

**Ekosistem-meso** (*meso-ecosystems*) dianggap sebagai unit dasar dari sistem ini dan merupakan ekosistem dalam pengertian yang sangat umum. Sebuah meso-ekosistem dianggap sebagai suatu sistem yang relatif seragam atau homogen dalam kaitannya dengan kondisi abiotik dan bentuk-hidup dari produsen primer dan sekunder yang menguasai (misalnya hutan meranggas daun-lebar dingin beserta kehidupan-hewannya).

**Ekosistem-mikro** (*micro-ecosystems*) adalah subdivisi ekosistem-meso, yang menyimpang dalam komponen khusus (hutan meranggas daun-lebar dingin pamah, pegunungan, atau subalpin beserta kehidupan-hewannya).

**Ekosistem-nano** (*nano-ecosystems*) adalah ekosistem kecil yang secara spasial terkandung dalam ekosistem yang lebih besar dan menunjukkan kepribadian sendiri (sebuah cekungan basah dalam sebuah hutan meranggas daun-lebar pegunungan).

Dalam hampir semua ekosistem dapat dikenal strata atau **sistem-parsial** (*partial system*), yang masing-masing dapat dianalisis. Umumnya, paling tidak tiga sistem-parsial dapat dikenal:

- **Sistem parsial-topo** (*topo-partial system*)—sebuah lapisan atau segmen berlapis menurut topografi di dalam sebuah ekosistem (tanah lapisan atas dalam hutan)
- **Sistem parsial-substrat** (*substrate partial system*)—sebuah komunitas kecil seperti pulau dalam sebuah ekosistem (gelondongan kayu tertutup lumut dalam hutan).



- **Sistem parsial-feno** (*pheno-partial system*)—sistem parsial yang muncul hanya selama waktu tertentu dalam masa satu tahun (pertumbuhan ganggang pada permukaan danau).

Skema klasifikasi mencakup skala khusus untuk mendefinisikan macam dan derajat pengaruh manusia dalam setiap ekosistem yang akan diklasifikasikan. Empat macam intervensi manusia dapat dikenal:

1. **Pemanenan** material organik dan mineral, yang bermakna bagi metabolisme sebuah ekosistem.
2. **Penambahan** mineral atau material organik atau organisme.
3. **Peracunan**—penambahan bahan-bahan yang tidak biasa bagi metabolisme ekosistem dan yang merusak organisme penting atau kelompok organisme.
4. **Pengubahan komposisi jenis**—dengan menekan jenis yang ada atau dengan introduksi jenis asing ke dalam ekosistem.

Derajat intervensi manusia dalam masing-masing tipe dinyatakan dengan skala intensitasnya yang meningkat dari 1 (tidak ada pemanenan) sampai 9 (pemanenan destruktif).

Untuk perbandingan ekosistem dalam skala dunia, dalam sistem ini dimasukkan pemisahan biogeografi menjadi sembilan kawasan, seperti Amerika-tropik, Afrika-tropik, Asia-tropik, Australia, dsb. Masing-masing kawasan biogeografi ini dapat dipecah lebih lanjut menjadi sub-kawasan biogeografi atau provinsi.

Semua kriteria dalam sistem diidentifikasi dengan lambang huruf dan sistem desimal. Dengan cara ini dapat dibuat klasifikasi ekosistem apa saja dengan rumus pendek dalam perspektif dunia.

Tinjauan umum, dalam bentuk sebuah kunci, menunjukkan empat tipe pradominan ekosistem-mega alami (M, L, S, dan T), yang dipecah menjadi ekosistem-meso dan dalam beberapa contoh sampai tingkat ekosistem-nano dan sistem-parsial (bila dikenal sekali). Sistem tersebut dapat dilengkapkan dengan menggali pengetahuan lebih jauh.

Berdasarkan struktur, kunci membuat pemisahan utama antara ekosistem akuatik (M + L) dan ekosistem darat (S + T). Bentangan vertikal ekosistem yang pradominan ekosistem darat alami (berbeda dengan ekosistem akuatik) tidak ditentukan oleh media-kehidupan (tanah dan udara) dan ketersediaan cahaya, tetapi oleh ketinggian pertumbuhan tumbuhan berpembuluh yang dominan. Ini

berarti ekosistem terestrial ditentukan terutama oleh kriteria struktur vegetasi, dan klasifikasinya berdasarkan sistem formasi struktur-ekologi UNESCO (dalam Lampiran B). Oleh karena itu, ekosistem-meso dan ekosistem-mikro adalah divisi yang agak paralel dengan tipe formasi dan tipe sub-formasi, tetapi dipertelakan dalam pengertian fungsional (kriteria 2 sampai 6 selama ini diketahui). Perlu dicatat bahwa konsep unit-struktur sinusia yang kedua memunculkan konsep fungsi sistem parsial seperti digunakan dalam skema ekosistem.

Sementara sistem ini seluruhnya berlandaskan kriteria struktur-fungsi, jelas bahwa setiap penelitian yang cermat tentang ekosistem tidak dapat mengabaikan komposisi jenis, yang membentuk matriks hidup dari sistem. Sebaliknya, untuk setiap penelitian rinci tentang ekosistem diperlukan selengkap mungkin daftar jenis tumbuhan dan hewan yang terdapat di dalamnya. Selanjutnya, penentuan kelimpahan harus dibuat untuk jenis tumbuhan dan hewan yang bermakna untuk mempertahankan produktivitas ekosistem. Daftar ini kemudian dapat diurutkan atau diklasifikasikan menurut perspektif sosiologi tumbuhan dan sosiologi hewan.

## 8.9 UNIT VEGETASI FLORISTIK DAN SISTEM

### 8.9.1 KONSEP TIPE KOMUNITAS DOMINANSI JENIS: SOSIASI DAN KONSOSIASI

Jenis tumbuhan tunggal dan mudah dikenal adalah alat floristik yang paling sederhana untuk menuju ke pengurutan komunitas tumbuhan yang sangat bervariasi. Cara ini sudah digunakan (bahkan oleh orang-orang yang tidak terlatih) untuk membedakan tegakan hutan (hutan *Fagus*, hutan pinus, dsb.). Klasifikasi sederhana seperti itu dapat juga diterima secara ilmiah, jika diterapkan di daerah dengan flora yang miskin. Di negara-negara Skandinavia, jenis yang paling melimpah atau yang paling dominan digunakan untuk membedakan apa yang disebut **sosiasi** (*sociation*) itu.

Du Rietz (1921) menganggap sosiasi sebagai unit dasar klasifikasi vegetasi dan mendefinisikannya sebagai komunitas tumbuhan yang berulang yang mempunyai komposisi yang homogen dengan paling tidak terdapat jenis dominan di setiap lapisan.<sup>\*)</sup> Misalnya, di Jerman Timur komunitas pinus-kerangas membentuk sosiasi *Pinus sylvestris-Calluna vulgaris-Cladonia*, hutan *Fagus* tertentu membentuk sosiasi *Fagus sylvatica-Allium ursinum*, dsb.

---

\*) Du Rietz (1921: 307) berbicara tentang jenis konstan (*constant*), yaitu jenis yang terjadi berulang-ulang secara teratur sebagai jenis dominan. Tetapi, persyaratan ini berlebihan, karena menurut definisi sebuah komunitas tanpa jenis dominan tidak dapat dianggap sebagai anggota sosiasi.

Du Rietz menganggap sebuah komunitas sebagai **konsosiasi** (*consociation*) bila lapisan atas dari komunitas yang berlapis banyak didominasi oleh satu jenis. Dalam konsep tipe, konsosiasi juga dapat diartikan sebagai sebuah kelas yang terdiri atas berbagai sosiasi konkret, yang lapisan atasnya didominasi oleh jenis yang sama, sementara lapisan-lapisan bawah dalam cuplikan vegetasinya didominasi oleh jenis berbeda. Istilah konsosiasi digunakan juga oleh Clements, Tansley, dan Rübél menurut pengertian yang sama. Konsosiasi lebih umum daripada sosiasi, terutama di daerah yang kaya akan jenis. Sebagai contoh adalah hutan pasang (*oak forest*) di Inggris, yang menurut Tansley merupakan konsosiasi dengan komunitas bawah yang sangat bervariasi. Tidak banyak hutan pasang yang mempunyai jenis dominan yang sama pada lapisan terna; sebuah contohnya adalah hutan *Vaccinium*-pasang pada tanah masam. Sebuah konsosiasi yang tipikal ditunjukkan dalam diagram-profil Gambar 8.3.

Petersen (1927) mencoba menerapkan konsep konsosiasi dalam klasifikasi komunitas ara-ara di Eropa Tengah. Ia membedakan tipe ara-ara dengan dominansi jenis rumput tertentu, satu jenis mencirikan satu tipe ara-ara. Jenis-jenis dominan ini juga sekaligus merupakan indikator nilai pakan ternak dan juga indikator habitat tipe-tipe tertentu. Namun, karena di Eropa Tengah dan Selatan banyak terdapat jenis yang beragam, jarang sekali ditemukan ara-ara dengan satu jenis dominan. Oleh karena itu, perlu untuk menganggap sebagian besar komunitas sebagai tipe campuran sehingga tidak akan cocok dengan sistem Petersen.

Masalah tentang konsep sosiasi dan konsosiasi terdapat di semua kawasan yang mengandung jenis dalam jumlah besar dan jenis yang banyak ini bersaing untuk memperebutkan habitat yang sama. Contoh yang baik adalah hutan hujan tropik di daerah rendah. Dengan demikian, sosiasi dan konsosiasi tidak dapat diterapkan secara universal sebagai unit-unit klasifikasi vegetasi.

Bahkan, dalam berbagai komunitas dengan dominansi jenis tunggal sering kali tidak memuaskan untuk memasukkan komunitas-komunitas tersebut ke dalam suatu tipe konsosiasi tertentu. Dapat ditemukan bahwa jenis yang sama bisa menjadi dominan dalam kondisi habitat yang berbeda, sementara flora yang berasosiasi dengan jenis ini dapat berbeda sekali sebagai tanggap terhadap perbedaan lingkungan. Misalnya, rumput tinggi perumpung (*Phragmites communis*) dapat tumbuh sebagai tegakan murni di tepi danau besar yang adakalanya bercampur dengan teki-teki tinggi semi-akuatik, *Scirpus lacustris*. *Phragmites* juga dapat ditemukan tumbuh subur sebagai tegakan murni pada

tepi sungai di daerah pasang-surut, yang permukaan airnya berfluktuasi baik harian maupun tahunan. Jenis yang berasosiasi dengan *Phragmites* yang disebut di atas tidak dapat tumbuh dalam kondisi seperti itu. Alih-alih, pada musim semi di sana terdapat flora geofit yang kaya, terutama *Ranunculus ficaria* yang berbunga kuning dan *Caltha palustris*. Jelas bahwa dengan alasan yang sangat superfisial dua konsosiasi *Phragmites* tersebut dapat dianggap sebagai satu unit. Sosiasi-sosiasi *Calluna* adalah contoh lain. Di Jerman Barat Laut, sosiasi-sosiasi tersebut terdapat di daerah rendah dengan tanah kering dan basah dan juga terdapat berulang-ulang di zona alpin dengan kondisi lingkungan yang sangat berbeda.

Jadi, tipe-tipe komunitas yang ditentukan dengan jenis dominan tunggal (konsosiasi) dapat menggabungkan habitat-habitat yang sangat berbeda. Selanjutnya konsep dominansi jenis tunggal tidak dapat diterapkan di banyak kawasan. Oleh karena itu, kita lebih baik menerapkan konsep **tipe-tipe dominansi floristik** (*floristic dominance types*) yang lebih lentur, dan tipe-tipe komunitas dapat dikenal dengan satu atau lebih jenis dominan di dalam sinusia yang menguasai. Ini sebenarnya konsep tipe-komunitas yang paling banyak digunakan dalam studi vegetasi di Amerika Utara (Whittaker 1962). Karena lebih dari satu jenis dominan sering digunakan untuk menentukan tipe-tipe komunitas dominan ini, maka Clements menyebutnya **asosiasi** (*association*). Apa yang disebut asosiasi di sini biasanya mencakup kondisi habitat yang sangat luas dan heterogen, dan berbeda sekali dengan konsep asosiasi yang berkembang di Eropa, yang akan dibahas dalam bab berikut ini.

### 8.9.2 KONSEP ASOSIASI

Sangat mungkin untuk membedakan beberapa unit vegetasi dalam contoh-contoh di atas, jika jenis yang dominan dan jenis yang berasosiasi dipertimbangkan. Unit-unit yang ditentukan berdasarkan flora seperti ini disebut **asosiasi**. Berlawanan dengan sosiasi, sebuah asosiasi tidak perlu menunjukkan jenis dominan tunggal dalam setiap lapisan. Alih-alih, lebih dari satu jenis per lapisan dapat digunakan untuk menentukan sebuah asosiasi.

Resolusi Kongres Botani Internasional di Brussel pada tahun 1910 setuju untuk menerapkan istilah asosiasi hanya kepada komunitas dengan “komposisi floristik yang pasti, fisiognomi seragam dan bila terdapat dalam kondisi habitat yang seragam.” Dalam pengertian Eropa kontinental, sebuah asosiasi mengacu

kepada unit vegetasi yang relatif kecil, yaitu unit di bawah tingkat konsosiasi. Definisi internasional tahun 1910 tentang asosiasi diinterpretasikan secara agak sempit di Eropa kontinental. Akan tetapi, pemenuhan yang tepat tentang tiga persyaratan (flora yang pasti, habitat seragam dan fisiognomi seragam) tidak selalu mungkin, terutama persyaratan habitat seragam, sangat sukar dipenuhi. Sebuah habitat seragam mungkin dapat ditemukan dalam beberapa situasi lapangan. Cuplikan vegetasi yang dikelompokkan ke dalam suatu tipe-asosiasi tidak akan pernah mempunyai habitat yang identik, karena tidak ada dua tempat di permukaan bumi ini mempunyai kombinasi faktor lokasi yang persis sama. Sama halnya dengan kriteria flora yang pasti, yang memerlukan definisi yang lebih baik. Dalam pembuatan klasifikasi, meskipun sangat ideal, tidak mungkin untuk menganggap semua jenis mempunyai makna yang sama. Karena variabilitas komunitas besar, adakalanya “unit-unit” yang harus dibedakan sama banyaknya dengan komunitas tumbuhan. Bahkan dua cuplikan vegetasi yang sangat mirip tidak akan mempunyai daftar jenis yang identik. Tetapi, cuplikan-cuplikan vegetasi yang sangat mirip akan mempunyai sejumlah jenis yang sama. Oleh karena itu, kita hanya mungkin menekankan kelompok-kelompok jenis tertentu, yaitu jenis yang berulang-ulang terdapat di lokasi berbeda dalam suatu kawasan. Hanya komunitas-komunitas tersebut dikelompokkan menjadi sebuah tipe, yang menunjukkan kelompok-kelompok jenis yang sama. Kelompok-kelompok seperti itu dapat dibedakan baik dengan membandingkan sejumlah besar cuplikan (yaitu dengan perbandingan dalam bentuk tabel) maupun dengan cara-cara lain. Pertama kita akan membahas teknik-tabel (Bab 9), karena cara ini telah banyak dikenal, paling tidak dalam fitososiologi di Eropa, yang banyak dipengaruhi Braun-Blanquet. Oleh karena itu, sebuah **tipe-asosiasi** (*association type*) dapat didefinisikan sebagai sebuah unit vegetasi yang dibentuk dari sejumlah cuplikan vegetasi atau releve, yang berisi sejumlah jenis yang sama. Setiap anggota asosiasi adalah sebuah komunitas konkret yang dapat dikenal di lapangan dengan kehadiran jenis-jenis tertentu yang merupakan kelompok jenis diagnostik.

Braun-Blanquet telah menyempitkan konsep asosiasi dengan menjadikan asosiasi sebagai unit dasar dalam sistem klasifikasinya. Perlu dikemukakan bahwa asosiasi tidak mewakili unit vegetasi terkecil yang dapat dikenal. Sebuah asosiasi dikenal dengan komposisi jenisnya, terutama dengan **jenis penciri** (*character species*)—yaitu jenis yang khas dalam tipe-asosiasi—dan juga dengan beberapa

**jenis pembeda** (*differentiating species*) seperti dijelaskan dalam Bab 9. Jumlah jenis-jenis ini tidak dipastikan.

Sayang sekali definisi Brussel tidak menjelaskan kriteria yang seharusnya diterapkan untuk membedakan sebuah asosiasi. Akibatnya, dua konsep yang berbeda sekali telah berkembang di Eropa kontinental dan di Amerika Utara. Kesamaan kriteria dalam dua konsep ini terletak hanya pada penamaan asosiasi yang berupa sebuah kombinasi nama jenis. Di Amerika Utara, Clements (1928) menginterpretasikan asosiasi secara luas, yang mengacu kepada subdivisi pertama dari sebuah formasi. Konsep asosiasi yang luas ini masih digunakan di Amerika Serikat. Karena formasi Clements sebenarnya adalah penutup tumbuhan secara umum di suatu kawasan iklim-makro (yaitu sebuah mozaik vegetasi), konsep asosiasinya kira-kira sama dengan sebuah sub-kawasan iklim yang menggunakan penutup vegetasi sebagai indikator. Di seluruh Amerika Utara, Clements mengenal tiga klimaks, yaitu klimaks padang rumput, klimaks semak, dan klimaks hutan. Masing-masing klimaks dibagi menjadi beberapa formasi (kawasan) dan masing-masing formasi dibagi menjadi dua asosiasi atau lebih. Misalnya, dalam klimaks hutan, (kawasan) hutan pantai Pasifik disebut formasi *Thuja-Tsuga*. Formasi ini dibagi lagi menjadi dua asosiasi, yaitu asosiasi *Thuja-Tsuga* dan asosiasi *Larix-Pinus*. Clements mendefinisikan sebuah asosiasi secara floristik dengan menggabungkan nama-nama dua jenis yang dominan secara regional dan kemudian menyiratkan bahwa sebuah asosiasi adalah penggabungan dua konsosiasi atau lebih. Jadi, konsep asosiasi Clements lebih luas ketimbang konsep konsosiasi, yang mendefinisikan tipe komunitas berdasarkan jenis dominan tunggal.

### **8.9.3 SISTEM ASOSIASI FLORISTIK BRAUN-BLANQUET**

Teknik yang sama yang diterapkan untuk membuat asosiasi digunakan juga untuk unit-unit vegetasi lain, di atas atau di bawah peringkat asosiasi dalam sistem Braun-Blanquet (1928; 1932; 1965).

Secara singkat sistem ini terdiri atas penyiapan daftar jenis untuk setiap releve dan kemudian daftar-daftar untuk releve ini diproses menjadi tabel sintesis. Dalam tabel ini, jenis bersama, yaitu jenis yang terdapat berulang-ulang dan bersama-sama dalam beberapa releve, diidentifikasi. Jenis-jenis yang khas untuk masing-masing releve tidak diabaikan, tetapi tidak diberi nilai yang sama sebagai jenis yang terdapat bersama dalam beberapa releve. Kelompok jenis bersama ini

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

adalah kunci untuk identifikasi unit-unit vegetasi. Teknik ini akan diuraikan secara rinci dalam Bab 9.

Asosiasi, seperti telah didefinisikan dalam pengertian Eropa kontinental, dianggap sebagai unit dasar dalam sistem Braun-Blanquet. Oleh karena itu, sistem ini dapat disebut sistem **asosiasi floristik** (*floristic association*). Unit-unit vegetasi lain ditentukan dengan teknik tabulasi yang sama, tetapi sebagai unit-unit di atas atau di bawah peringkat asosiasi. Dengan cara ini, semua unit berkaitan dalam bentuk sebuah hierarki, tetapi setiap unit diidentifikasi dengan kelompok-kelompok jenis bersama.

Peringkat-peringkat yang berbeda biasanya ditunjukkan dengan sebuah akhiran khusus yang ditambahkan kepada akar nama ilmiah marga dari jenis penciri khusus\*\*, seperti terlihat dalam bagan singkat berikut:

PERINGKAT	AKHIRAN	CONTOH
kelas ( <i>class</i> )	-etea	<i>Molino-Arrhenatheretea</i>
ordo ( <i>order</i> )	-etalia	<i>Arrhenatheretalia</i>
aliansi ( <i>alliance</i> )	-ion	<i>Arrhenatherion</i>
asosiasi ( <i>association</i> )	-etum	<i>Arrhenatheretum</i>
subasosiasi ( <i>subassociation</i> )	-etosum	<i>Arrhenatheretum brizetosum</i>
varian ( <i>variant</i> )	tak ada akhiran	Varian <i>Salvia</i> dari <i>Arrhenatheretum brizetosum</i>
fases ( <i>facies</i> )	-osum	<i>Arrhenatheretum brizetosum bromosum erecti</i>

Unit yang paling bawah dalam sistem ini, fasies, tidak dicirikan oleh jenis khusus (yaitu jenis penciri), tetapi hanya oleh dominansi satu (atau lebih) jenis tertentu. Oleh karena itu, dalam beberapa hal, fasies serupa dengan konsosiasi atau sosiasi, tetapi ini ditinjau dari kaitannya dengan unit-unit peringkat lain, yang sebaran geografisnya secara progresif makin luas.

Berbeda dengan asosiasi, subasosiasi dan varian tidak memiliki jenis penciri sendiri, tetapi dibedakan dengan kelompok-kelompok jenis pembeda; yaitu oleh berbagai jenis yang membentuk beberapa subunit tertentu dalam sebuah asosiasi.

Dewasa ini timbul kecenderungan untuk membedakan berbagai asosiasi hanya dengan jenis pembeda. Ini berarti bahwa persyaratan kehadiran jenis penciri

---

\*\* Penunjuk jenis (*specific epithet*) ditambahkan hanya bila timbul salah pengertian. Dalam hal demikian akhiran ditambahkan kepada nama marga (misalnya *Pinetum mughi*). Bila dua nama marga digunakan, yang pertama biasanya diberi akhiran -o (misalnya, *Quercus-Betuletum*). Akhiran -etum pada mulanya digunakan untuk penamaan dalam bahasa Latin. Komunitas tumbuhan, yang mengandung satu jenis dominan. Tetapi, berlawanan dengan sosiasi dan konsosiasi, asosiasi (menurut Braun-Blanquet) tidak dicirikan oleh kriteria ini.

dalam sebuah asosiasi tidak diperlukan lagi. Perkembangan ini merupakan akibat dari kenyataan bahwa jenis yang benar-benar merupakan jenis penciri hanya sedikit. Tetapi, aliansi tetap memiliki jenis penciri sendiri, sementara untuk ordo dan kelas biasanya terdapat banyak jenis penciri.

Pemisahan unit-unit vegetasi yang berbeda dengan jenis pembeda dibuat dengan membandingkan tabel-tabel releve vegetasi, karena itu pemisahan ini didasarkan kepada metode induktif. Tetapi, penentuan perangkat unit-unit ke dalam sistem yang telah dibicarakan di atas, terutama persoalan mengenai unit-unit mana yang dapat dianggap asosiasi, bergantung kepada pertimbangan pribadi peneliti. Dua fase tersebut dipisahkan dalam pembahasan berikut mengenai teknik tabel. Metode yang lebih baru mengenai klasifikasi vegetasi akan dibahas dalam Bab 10 dan 11.





# 9

## KLASIFIKASI VEGETASI DENGAN PEMBANDINGAN TABEL

Dalam klasifikasi berdasarkan kriteria floristik, yaitu komposisi jenis dan variasi nilai kuantitatifnya, masalah pemecahan vegetasi menjadi unit-unit dapat ditelaah dan diselesaikan setelah sebuah daftar jenis semua tegakan cuplikan dipindahkan ke satu tabel tunggal. Tabel seperti itu, yang menunjukkan informasi floristik semua releve yang dibandingkan, disebut **tabel sintesis** (*synthesis table*). Sebuah tabel sintesis, selain merupakan alat bantu dalam klasifikasi, sering kali juga menguak informasi yang tidak disadari selama kerja lapangan. Selanjutnya, tabel sintesis juga merupakan sarana untuk mendokumentasikan informasi floristik sebuah studi vegetasi.

Tabulasi daftar jenis dari sejumlah cuplikan vegetasi dapat dilakukan dengan berbagai cara. Tujuannya adalah untuk membuat sebuah tabel sintesis yang menunjukkan data releve dalam format dengan organisasi yang baik sehingga kecenderungan penting sebaran jenis dalam tegakan-tegakan cuplikan akan segera dikenal. Untuk maksud ini kita mengisolasi kelompok-kelompok jenis yang mempunyai sebaran yang sama dalam semua releve. Selain itu, juga kita ingin meletakkan releve-releve dengan komposisi jenis serupa bersebelahan dalam tabel.

Ini dapat dilakukan dengan mudah melalui beberapa fase pekerjaan, yang akan diuraikan secara singkat di sini. Setelah itu, fase-fase tersebut akan dibahas secara rinci dalam bab-bab berikutnya.

Pertama, **jenis konstan** (*constant species*) ditentukan. Ini adalah jenis-jenis yang hadir dalam releve dengan persentase yang tinggi, yang batasnya ditentukan sesukanya. Misalnya saja, jenis konstan didefinisikan sebagai jenis dengan kehadiran dalam releve lebih dari 60%.

Kedua, **jenis pembeda** (*differentiating species*) atau **jenis diferensial** (*differential species*) ditentukan. Ini adalah jenis-jenis dengan sebaran terbatas atau amplitudo terbatas dalam releve yang sedang dibandingkan. Tetapi, jenis dengan konstansi rendah (yaitu jenis langka) tidak diperhitungkan. Di sini juga batas ditentukan sesukanya. Misalnya, konstansi rendah dapat didefinisikan sebagai jenis dengan kehadiran dalam releve kurang dari 60%. Kemudian dicari jenis dengan kisaran menengah (10–60%) yang terdapat bersama-sama dalam beberapa releve. Kelompok jenis seperti ini disebut **kelompok jenis pembeda**, karena membedakan releve-releve tertentu dari yang lain.

Tujuan teknik tabulasi ini adalah untuk menghasilkan sebuah **tabel diferensial** (*differentiated table*). Sebuah tabel diferensial menunjukkan jenis pembeda dan kelompok jenis pembeda dipilah-pilah ke dalam blok-blok dan dipisahkan dari jenis lain, yang diurut dari konstansi rendah hingga konstansi tinggi. Jenis lain ini adalah jenis-konstan dan jenis-langka serta jenis-jenis dengan kisaran konstansi menengah yang menunjukkan derajat asosiasi rendah atau tidak berasosiasi dengan jenis pembeda.

Kemudian sebuah tabel diferensial suatu vegetasi dapat dibandingkan dengan tabel diferensial vegetasi dari daerah lain. Cara ini memungkinkan pengenalan kecenderungan yang karakteristik sebaran jenis dan perbedaan **jenis penciri** (*character species*) dalam provinsi floristik yang sama dan luas. Sebuah jenis penciri adalah jenis yang menunjukkan konsentrasi maksimum (secara kuantitatif atau hanya kehadiran) yang jelas dalam sebuah tipe vegetasi yang didefinisikan dengan baik. Konsep jenis penciri ini akan dibahas kemudian (Bab 9.6).

Tiga fase teknik tabulasi untuk sampai kepada jenis konstan, jenis pembeda dan jenis penciri dapat digariskan dalam enam tahap:

1. Pembuatan sebuah **tabel kasar** (*raw table*)
2. Penulisan kembali tabel yang sama menjadi **tabel konstansi** (*constancy table*)
3. Mengekstrak jenis-jenis dengan konstansi menengah dan dari sini ditetapkan jenis pembeda dengan bantuan **tabel parsial** (*partial table*)
4. Pengaturan kembali releve (kolom tabel) dan jenis (baris tabel) dalam kaitannya dengan kehadiran atau ketidakhadiran kelompok jenis pembeda menjadi sebuah **tabel diferensial** (*differentiated table*)
5. Penentuan jenis penciri dengan **tabel ringkasan** (*summary table*)
6. Pengaturan kembali tabel diferensial menjadi **tabel dicirikan** (*characterized table*)

## 9.1 PEMBUATAN TABEL KASAR

Membandingkan data hanya dengan menempatkan lembar data bersebelahan akan sukar bila kita mempunyai lebih dari lima cuplikan vegetasi dari komunitas serupa. Oleh karena itu, lebih praktis untuk menampung semua releve dalam sebuah tabel. Ini dapat dikerjakan dengan mudah pada selembar kertas grafik dengan menuliskan setiap nilai evaluasi jenis pada satu kotak (dengan luas sekitar 0,5 x 0,5 cm), terlepas dari apakah satu atau beberapa jenis yang dievaluasi.

Sebelum data dipindahkan ke dalam sebuah tabel, releve-releve dari suatu studi dapat dipilah-pilah dan disusun menurut parameter apa saja, seperti intensitas suatu faktor lingkungan yang menurun, elevasi yang meningkat, dominansi, kehadiran atau ketidakhadiran jenis tertentu, jumlah jenis per releve atau hanya menurut urutan tanggal analisis. Jenis-jenis tertentu dapat segera menarik perhatian, misalnya dapat dikenal sebagai jenis pembeda atau jenis yang makna ekologisnya telah diketahui dari observasi atau studi lain. Dalam komunitas hutan disarankan untuk memisahkan strata hutan. Hal serupa dilakukan juga dalam padang rumput bagi bentuk-hidup yang melimpah atau penting atau kelompok taksonomi, seperti rumput-rumputan, kacang-kacangan, dan terna lain. Pekerjaan ini biasanya dapat dilakukan paling cepat bila jenis dipindahkan menurut urutan dalam catatan lapangan. Proses di atas menghasilkan apa yang dinamakan **tabel kasar** (lihat Tabel 9.1 dan 9.2)

Fase-fase ini dijelaskan dengan data yang dihimpun oleh mahasiswa selama kuliah lapangan. Cuplikan vegetasi adalah berbagai komunitas ara-ara *Arrhenatherum elatius*, yang dianalisis dengan metode taksiran persentase biomassa menurut Klapp (lihat Bab 5.4.3). Komunitas-komunitas ini terkumpul di kawasan seluas 5 x 5 km di daerah rendah hilir sungai Danube di Ulm. Ara-ara di sini umumnya jarang dipupuk dan tidak dipelihara. Oleh karena itu, komunitas-komunitas di sini agak menyimpang dari yang dipupuk, yaitu komunitas yang tipikal. Sebelum membuat tabel kasar, cuplikan-cuplikan dipilah-pilah menurut peningkatan kuantitas *Arrhenatherum elatius*, satu jenis rumput tinggi dan mencolok.

Dalam tabel kasar, satu kolom vertikal disediakan untuk satu releve atau tegakan cuplikan. Nomor atau nama releve yang disingkat ditulis di atas setiap kolom. Jumlah jenis yang terdapat dalam releve dimasukkan di bawahnya. Ini digunakan sebagai petunjuk dalam pengaturan kembali urutan releve dalam tabel lain. Pada tahap ini pertelaan rinci tentang lokasi dan habitat tidak perlu ditulis di atas tabel dan baru dimasukkan dalam tabel terciirikan yang sudah final. Tabel

9.1 menunjukkan, lebih baik ketimbang kata-kata, bagaimana releve pertama dipindahkan ke dalam tabel kasar awal. Rekaman releve kedua (Tabel 9.2., releve 2) ditransfer ke kolom berikutnya. Nama jenis kemudian ditambahkan. Releve-releve lain kemudian ditransfer ke dalam kolom-kolom berikutnya dengan cara yang sama.

Jumlah jenis yang ditambahkan bersama transfer releve secara konsisten akan berkurang, bila tegakan cuplikan relatif serupa. Pada sekitar releve ke sepuluh jumlah jenis baru yang ditambahkan agak sedikit. Derajat kesamaan yang relatif rendah akan tampak bila jumlah jenis yang ditambahkan pada setiap transfer baru tetap tinggi. Komunitas seperti itu hendaknya tidak digabungkan menjadi satu unit vegetasi tunggal. Adakalanya terdapat beberapa releve yang menunjukkan inkonsistensi floristik sehingga berada di luar garis. Kasus ini, misalnya, ditunjukkan oleh releve 19 (Tabel 9.2.), yang berisi dua jenis dengan nilai biomassa yang relatif tinggi (*Glyceria fluitans* dan *Phalaris arundinacea*), yang khas hanya dalam releve tersebut. Tegakan cuplikan seperti itu dapat dikeluarkan dan dikelompokkan kembali kemudian bersama-sama dengan yang lain yang mempunyai kesamaan tinggi. Tetapi, pada tahap ini, releve 19 dapat dibiarkan dalam tabel.

### 9.2 MENGHITUNG DERAJAT KONSTANSI

Dilihat sepintas, tabel-kasar yang sudah jadi tampak sukar dipahami. Jenis-jenis yang sering dan jarang terdapat dalam tabel yang tersusun menurut urutan yang tidak teratur, karena dalam lembar data analisis cuplikan jenis direkam sesuai urutan kemunculan. Oleh karena itu, langkah berikutnya adalah memilah-milah jenis menurut derajat konstansinya. Istilah **konstansi absolut** (*absolute constancy*) merujuk kepada jumlah keterdapatannya sebuah jenis dalam releve (misalnya dalam Tabel 9.2: *Arrhenatherum* 25, *Brachypodium* 1). Untuk memudahkan perbandingan berbagai tabel nilai konstansi absolut diubah menjadi **konstansi relatif** (*relative constancy*) atau **konstansi persen** (*percent constancy*). Misalnya, dalam Tabel 9.2 konstansi *Arrhenatherum* adalah 100%, sedangkan untuk *Brachypodium* adalah 4%.

Setelah konstansi semua jenis ditentukan (kolom terakhir dalam Tabel 9.2.), jenis-jenis ini disusun kembali dalam urutan baru menurut konstansi dari yang tinggi ke yang rendah dan tabel yang dihasilkan disebut **tabel-konstansi** (*constancy table*) (Tabel 9.3). Dengan tabel-konstansi ini releve-releve dapat

## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

dibandingkan dengan mudah, dan releve-releve yang serupa releve yang kurang serupa pun tidak sukar untuk dibedakan.

**Tabel 9.1** Permulaan dari **tabel kasar**. Releve pertama komunitas ara-ara, dievaluasi dengan metode Klapp, dipindahkan. Ruang yang memadai disediakan untuk pemindahan daftar-daftar releve lebih lanjut.

Nomor releve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	dsb.
Jumlah jenis	31										
<b>Rumput-rumputan</b>											
<i>Aerhænatherum elatius</i>	+ <sup>0</sup>										
<i>Dactylis glomerata</i>	5										
<i>Helictotrichon pubescens</i>	1 <sup>0</sup>										
<i>Bromus erectus</i>	50										
<i>Festuca ovina</i>	2										
<i>Poa pratensis</i>	4										
<i>Briza media</i>	1										
<i>Koeleria pyramidata</i>	3										
<i>Festuca rubra</i>	15										
<b>Teki-tekiian:</b>											
<i>Carex flacca</i>	2										
<b>Kacang-kacangan</b>											
<i>Trifolium pratense</i>	+										
<i>Trifolium repens</i>	+										
<i>Medicago lupulina</i>	1										
<b>Lain-lain</b>											
<i>Achillea millefolium</i>	6										
<i>Daucus carota</i>	1										
<i>Campanula rotundifol.</i>	1										
<i>Plantago lanceolata</i>	1										
<i>Heracleum sphondyli.</i>	+										
<i>Galium molygo</i>	3										
<i>Chrysanthemum leucanth.</i>	1										
<i>Scabiosa columbaria</i>	+										
<i>Linum catharticum</i>	+										
<i>Rumex acetosa</i>	+										
<i>Ranunculus acris</i>	+										
<i>Thymus serpyllum</i>	1										
<i>Cerastium caespitosum</i>	+										
<i>Centaurea jacea</i>	+ <sup>0</sup>										
<i>Taraxacum officinale</i>	+ <sup>0</sup>										
<i>Campanula glomerata</i>	+										
<i>Veronica chamaedrys</i>	+										
<i>Plantago media</i>	+										

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

**Tabel 9.2** Dua puluh lima releve komunitas ara-ara di Lembah Danube, Ulm Selatan. Tabel disusun menurut kelimpahan *Arrhenatherum elatius* yang meningkat. Di lapangan jenis direkam dalam empat kelompok: Rumput-rumputan, teki-tekiian, kacang-kacangan dan jenis lain-lain. Pengelompokan ini memudahkan dalam pengurutan sementara.

Nomor Releve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25					
Jumlah total jenis	31	25	32	28	32	32	36	34	32	31	28	34	37	33	34	37	35	29	29	30	35	23	29	30	28					
<b>Rumput-rumputan</b>																														
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+0	1	2	2	4	4	4	4	5	P	9	10	10	12	15	15	15	22	22	24	25	25	26	30	35	25				
<i>Dactylis glomerata</i>	5	5	15	5	12	12	4	10	2	6	12	32	15	10	6	15	15	18	1	5	18	P	P	P	18	25				
<i>Helictotrichon pubesc.</i>	10	1			20	P	3		4	+		1	4			13	4	4		28	+	2			1	16				
<i>Bromus erectus</i>	50			35	74					47	21				37										10	7				
<i>Festuca ovina</i>	2	1							1	2																4				
<i>Poa pratensis</i>	4	74	10	5	4	2	3	4	10	P	6	25	2	5	15	10	5	10	1	6	1	9	16	20	10	25				
<i>Briza media</i>	1	1							2	1						2										5				
<i>Koeleria pyramidata</i>	3			2					3	3																4				
<i>Festuca rubra</i>	15			2	+			+	3	4	2	2	1		6		2		+	2				+	2	15				
" <i>pratensis</i>		6	3						20	3	2	P	5	2	10	10	2	2	6	5	28	12	10	2	15	15	2	2	3	23
<i>Trisetum flavescens</i>	2	5								3				6	4	10	5	5	5	P	P	16	4	2		15				
<i>Alopecurus pratensis</i>					2	P		10				6	4					2			15	10				1	9			
<i>Holcus lanatus</i>					1	1	1	2			2	1	2				2	+		2	+				15	12				
<i>Deschampsia caespitosa</i>							11	2			28			1			10			2	5					7				
<i>Poa trivialis</i>							2																			1				
<i>Phleum pratense</i>													+													1				
<i>Festuca arundinacea</i>															1											1				
<i>Lolium perenne</i>																				2						1				
<i>Glyceria fluitans</i>																				20						1				
<i>Phalaris arundinacea</i>																				28						1				
<i>Phragmites communis</i>																						+				1				
<i>Brachypodium pinnatum</i>																								5		1				
<b>Teki-tekiian</b>																														
<i>Carex flacca</i>	2			3											2	1	3	2								6				
" <i>acutiformis</i>							10				4								2		1				2	5				
" <i>hirta</i>											6							2								2				
" <i>panicola</i>																	2									1				
" <i>gracilis</i>																			4							1	2			
<b>Kacang-kacangan</b>																														
<i>Trifolium pratense</i>	+	+	1	+	4	1	1	+						+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	2	2	18				
" <i>repens</i>	+				2	+		+	1					+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	14				
<i>Medicago lupulina</i>	1	+	+	2	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	1		17				
<i>Vicia sepium</i>				+	+	1	+			+						+			+							7				
<i>Lotus corniculatus</i>					+			+								+									+	4				
<i>Lathyrus pratensis</i>							1	+	+	+		+	+	+						1	+	+				10				
<i>Vicia cracca</i>											+				1	+	+								+	5				
<b>Lain-lain</b>																														
<i>Achillea millefolium</i>	6	+	3	1	2		1	2	P		1	4	16	2	5	+	12		6	+	4	+	3	+	2	1				
<i>Daucus carota</i>	1	1	1	+	+	1	1	5	1	1	+	2		+	+	+	1		1	+	+	+	2			20				
<i>Campanula rotundif.</i>	1		+	1				+	1	1		1	1	1	+									1	+	13				
<i>Plantago lanceolata</i>	1	1	1	1	2	1	4	4	1	1	+	1	4	2	1	2	+	1	+	1	1	2	P	+	+	25				
<i>Hieracium sphondyli.</i>	+	10		3	+	4							26			+	1	+		1	+	1	+	+	+	14				
<i>Galium mollugo</i>	3	2	7	1	3	24	6	4	2	12	5	6	10	14	3	5	3	6	2	5	1	3	12	3	2	25				
<i>Chrysanthemum leucant.</i>	1	+	3	+	4	2	1	2	5	+	3	1	2	1	1	1			+	3	+	1	1	6		23				
<i>Scabiosa columbaria</i>	+	2	1							+						+										5				
<i>Linum catharticum</i>	+			+						+																5				
<i>Rumex acetosa</i>	+			+	2	1	3				2	1	1	2			+	1	+			1	1	+	1	19				
<i>Ranunculus acer</i>	+	+	+		1	2	2	+	+	3	1	+	2	1	+	+	+		+	1	+	2	+	+	+	23				

Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

Tabel 9.2 (lanjutan)

Nomor releve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>Thymus serpyllum</i>	1	+	+	+					2																	5
<i>Centaurea caespitosum</i>	+	+		+	+			+	+		+		+	+						+	+	+				13
<i>Centaurea jacea</i>	+	0	1	6		2	3				1		4	+	2	2				2	+		+	2		14
<i>Taraxacum officinale</i>	+	0	+	0	+	3	1	3	1		+	2	+	+	+	+	1			+		+	4	+	+	19
<i>Campanula glomerata</i>	+		1	1					1			1				+									+	7
<i>Veronica chamaedrys</i>	+		+	0	+	+	1	1	+	+	1	+	1	+	+	1	+			+	1	1	+	2	+	22
<i>Plantago media</i>	+	+	+	+	+		1	+				1	+	+	+	+								+	+	14
<i>Silene inflata</i>		2					+										+									3
<i>Leontodon hispidus</i>		1	+					4								1										4
<i>Crepis biennis</i>		+	+	0		2	1	8			+	1		+		+	1			1	+	1	6	+		15
<i>Myosotis arvensis</i>		+						+																		2
<i>Ajuga reptans</i>		+				+	+	1	3	1		1	1	+	+					+	+	1	+			16
<i>Salvia pratensis</i>			4							2	5				1									4		5
<i>Knautia arvensis</i>			1	0												+				+						3
<i>Viola hirta</i>			+						2	3						+								+		6
<i>Bellis perennis</i>		+	+	+			+	+	1			1	+			+	+	+								11
<i>Dianthus superbus</i>		+	1													+					+					4
<i>Pimpinella saxifraga</i>			+						+																	2
<i>Galium boreale</i>			+					1	1				1													4
<i>Cirsium oleraceum</i>					+	12	20	20			3		+	18			2			+	+	2	+	1	3	14
<i>Tragopogon pratensis</i>			2	1	+							+	1		+	1										7
<i>Glechoma hederacea</i>			+	+	+						+	+											+			6
<i>Anthriscus silvestris</i>					2						+		+											+		5
<i>Filipendula ulmaria</i>					3		2						+	+												4
<i>Gerum rivale</i>			2	1	5						3	+	+			1	+	+	1	+	1	+				14
<i>Melandrium durum</i>			2	1								+	+	1		1	+		+	+	+	+				11
<i>Anagallis silvestris</i>			1	2									+	1									1		+	6
<i>Lysimachia nummularis</i>			+	1					+	+						+				+	+					8
<i>Prunella vulgaris</i>				+	2	+	+				+				+	+	+				1	+	1	+		12
<i>Pimpinella magna</i>				+								1					+				1					4
<i>Polygonum bistorta</i>					1						+										1					4
<i>Lychnis filis cuculi</i>					+						+					1	+		+	+		+				7
<i>Senecio jacobaea</i>									+	+	+				+					+	+					6
<i>Potentilla reptans</i>										1				+							1					3
<i>Carotamine pratensis</i>										+					+											2
<i>Myosotis palustris</i>												+										+				2
<i>Geranium pratense</i>													+													1
<i>Pastinaca sativa</i>													1	+						3						3
<i>Galium oligospermum</i>															+											1
<i>Sanguisorba officinalis</i>															+											1
<i>Galium verum</i>																1								+		2
<i>Silene pratensis</i>																	1	+			+					3
<i>Ranunculus repens</i>																					+					1
<i>Euphrasia adonitifera</i>																					+			+		2
<i>Lamium album</i>																						+				1
<i>Rumex crispus</i>																						+				2
<i>Polygonum convolvulus</i>																						+				1
<i>Chenopodium album</i>																						+				1
<i>Achillea vulgaris</i>																							+			1



### 9.3 MENENTUKAN JENIS PEMBEDA

Untuk pengelompokan deretan releve menjadi kelas-kelas vegetasi, yang berguna bukanlah jenis dengan konstansi tinggi atau konstansi rendah. Jenis dengan konstansi tinggi adalah penciri untuk semua releve yang sedang dibandingkan. Jenis dengan konstansi rendah dapat dianggap sebagai jenis yang hadir secara kebetulan.

Jenis yang mungkin bermanfaat untuk membedakan kelompok-kelompok releve sebagai subdivisi dari deretan justru jenis yang mempunyai konstansi dengan kisaran antara. Oleh karena itu, kita sekarang dapat bekerja dengan bagian tabel konstansi (Tabel 9.3) yang menunjukkan hanya jenis dengan **konstansi-antara**. Kita tentukan konstansi antara sebagai konstansi dengan kisaran 10–60%, yaitu jenis yang hadir antara 3 dan 15 kali dalam 25 releve. Dapat saja kisaran berbeda ditentukan bergantung kepada karakteristik vegetasi dan pertimbangan peneliti.

Apa yang kita cari dalam bagian dari tabel konstansi ini adalah jenis yang terdapat bersama-sama dalam beberapa releve. Kita ingin membedakan jenis yang berasosiasi seperti itu dari jenis lain yang menghindari jenis-jenis yang berasosiasi tersebut dengan kehadirannya dalam releve-releve lain. Bila kita menemukan dua atau lebih kelompok jenis yang berasosiasi seperti itu, kita telah menentukan kelompok-kelompok jenis pembeda.

Kita tidak berharap bahwa dua jenis mempunyai sebaran yang persis sama, tetapi kita dapat menemukan dua atau lebih jenis dengan sebaran atau amplitudo serupa. Dalam beberapa situasi kita mungkin harus puas dengan jenis pembeda tunggal, bukannya kelompok jenis pembeda. Oleh karena itu, pengisolasian jenis pembeda memerlukan pertimbangan, yang dapat diterjemahkan ke dalam **batas-batas sesukanya** (*arbitrary limits*). Jenis-jenis yang berguna untuk pengelompokan releve menjadi kelas-kelas vegetasi atau tipe komunitas harus hadir paling tidak dalam 50% dari releve-releve yang akan dikelompokkan. Akan tetapi, jenis-jenis ini tidak terdapat atau hanya hadir jarang sekali di releve-releve lain, yaitu jenis dengan konstansi 10% atau kurang.

Kecenderungan jenis-jenis tertentu untuk berasosiasi sudah dapat dilihat di lapangan. Jika releve-releve dipilih berdasarkan kombinasi jenis yang berulang, maka jenis-jenis tersebut akan merupakan calon untuk dijadikan jenis pembeda, tetapi perbandingan tabel biasanya memunculkan jenis tambahan.

## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

**Tabel 9.3** Bagian sebuah tabel konstansi. Bagian tabel ini diekstrak dari Tabel 9.2. dan menunjukkan jenis menurut urutan konstansi absolut. Jenis yang hadir dalam lebih dari 15 releve dan kurang dari 3 tidak ditunjukkan. Jenis yang tampak menunjukkan satu subunit digarisbawahi dengan garis lurus, sedangkan jenis lain yang menunjukkan subunit lain digarisbawahi dengan garis berombak. Untuk menghemat waktu nama jenis disingkat.

Nomor releve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Fest. rubra</i>	15			2	+			+	3	4	2	2	1	6	2	+	2				+	2			15
<i>Triset. flav.</i>	2	5	8					3		6	4	10	5	5	8	16	4	2							15
<i>Crepis b.</i>	+	+	+	2	1	8			+	1	+				+	1	1	+	1	6	+				15
<i>Trif. rep.</i>	+			2	+	+	1			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	1	+	+	14
<i>Hierac. sphond.</i>		+	10	3	4					26					+	1	+	1	+	1	+	+	+	+	14
<i>Cerif. jac.</i>	+	1	6	2	3				1	4	+	2	2			2	+			+	2	+			14
<i>Plant. med.</i>	+	+	+	+		1	+		1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	14
<i>Cirs. aler</i>				+	12	20	20		3	+	18				2	+	2	+	2	+	1	+	3		14
<i>Gerum. rin</i>				2	1	5			3	+	+			1	+	+	1	+	1	+					14
<i>Camp. rot</i>	1	+	1				+	+	1	1	1	1	+									1	+	+	13
<i>Cer. caesp.</i>	+	+		+			+	+	+	+	+	+	+						+	+	+				13
<i>Holo. lan.</i>				1	1	1	2		2	1	2				2	+			2	+					12
<i>Phun. vulg.</i>					+	2	+	+		+			+	+	+	+				1	+	1	+		12
<i>Bellis. par.</i>		+	+	+	+	+	+	1	1	+					+	+	+								11
<i>Melandr. d.</i>				2	1					+	+	1	1	+	+	+				+	+	+			11
<i>Lathyr. pr.</i>				1	+	+	+	+	+	+	+	+							1	+	+				10
<i>Alopec. pr.</i>				2	8	10			6	4					2					15	10				9
<i>Lysim. numm.</i>							+	1	+	+					+				+	+	+				8
<i>Brom. er.</i>	50	35	74						47	21				32											7
<i>Desch. caesp.</i>							11	2	28				1		10	2			5						7
<i>Vic. sep.</i>		+	+	1			+		+					+		+									7
<i>Camp. glom.</i>	+		1	1				1	1																7
<i>Tragop. pr.</i>				2	1	+				+	1	+	1												7
<i>Lycn. fil.</i>								+		+															7
<i>Car. flacca</i>	2		3										2	1	3	2									6
<i>Viola hirta</i>			+					2	3					+		+								+	6
<i>Glech. hed.</i>				+		+	+		+	+												+			6
<i>Anget. silv.</i>						1	2						+	1								1		+	6
<i>Senec. jac.</i>									+	+				+		+				+					6
<i>Briza m.</i>	1	1							2	1					2										5
<i>Car. acut.</i>						10			4								2		1					2	5
<i>Vic. cracca</i>								+						1	+									+	5
<i>Scab. col.</i>	+	2	1						+						+										5
<i>Linum cath.</i>	+		+	+					+						+										5
<i>Thym. serpy.</i>	1	+	+	+					2																5
<i>Salvia pr.</i>			4					2	5						1									4	5
<i>Andros. silv.</i>					2				+		+													+	5
<i>Fest. ov.</i>	2	1							1	2															4
<i>Koel. pyr.</i>	3		2						3	3															4
<i>Lot. corn.</i>							+						+											+	4
<i>Leont. hisp.</i>		1	+			4										1									4
<i>Dianth. sup.</i>			+	1												+				+					4
<i>Gal. bor.</i>				+				1	1					1											4
<i>Fil. ulm.</i>						3	2					+	+												4
<i>Pimp. magri.</i>							+						1			+					1				4
<i>Pol. bist.</i>							1													1					4
<i>Sil. infl.</i>	2					+									+										3
<i>Rnaut. ary.</i>			1												+				+						3
<i>Pot. rept.</i>									1					+							1				3
<i>Prest. sat.</i>													1	+			3								3
<i>Sil. prat.</i>																1	+		+						3

Jenis-jenis yang dapat menjadi jenis pembeda (dari pemeriksaan tabel konstansi yang sesuai dengan kriteria seperti di atas) dapat ditunjukkan dengan menarik garis bawah (sebaiknya berwarna), seperti dicontohkan dalam Tabel 9.3.

Jenis-jenis yang telah digarisbawahi tersebar di seantero bagian tabel. Oleh karena itu, akan lebih baik untuk mengatur ulang tabel sekali lagi. Berdasarkan pengalaman, pengaturan ini dilakukan dalam tiga langkah:

Pertama, disiapkan **tabel-parsial** (*partial table*) dengan mengekstraksi hanya jenis-jenis yang akan dijadikan jenis pembeda (yaitu yang digarisbawahi) dan dipindahkan ke tabel baru, dan yang lain ditinggalkan. Jenis pembeda yang mempunyai sebaran yang sama di sepanjang deretan releve dipindahkan dan ditaruh satu di atas yang lain dalam tabel parsial yang baru (Tabel 9.4). Ini akan menghasilkan urutan baru jenis dalam kelompok-kelompok dengan sebaran serupa atau amplitudo. Jenis yang diekstraksi dapat disebut **kelompok sebaran** (*distribution group*), **kelompok sosial** (*social group*), atau kelompok jenis yang berasosiasi.

Pengekstraksian akan dipermudah dengan menempatkan kertas grafik yang berukuran sama pada tabel konstansi tepat di bawah garis jenis yang akan dipindahkan. Jika tabel menjadi terlalu panjang, dapat dilipat pada setiap garis ke sepuluh. Tabel 9.4 adalah contoh tabel parsial.

Contoh kita menunjukkan bahwa paling tidak tiga unit tipe vegetasi dapat dikenal di antara berbagai komunitas ara-ara: yang pertama adalah unit dengan *Bromus erectus*, *Salvia pratensis*, dan jenis lain yang ditemukan bersama-sama, yang kedua adalah unit dengan *Cirsium oleraceum*, *Alopecurus*, dan jenis lain yang ditemukan bersama-sama. Unit vegetasi atau kelompok releve ketiga dapat dikenal, di mana kedua kelompok jenis tersebut diwakili, tetapi masing-masing hanya diwakili oleh beberapa jenis (releve 12, 16, dan 18) atau hanya satu kelompok jenis diwakili tetapi terbatas (releve 20 dan 23). Dalam hal yang terakhir ini jumlah jenis pembeda dianggap terlalu sedikit (masing-masing hanya tiga) untuk memasukkan releve-releve ini ke dalam tipe *Cirsium-Alopecurus*.

Unit-unit vegetasi dapat diperjelas lebih lanjut dengan mengatur ulang urutan releve-releve dalam sebuah **tabel parsial diordinasikan** (*ordinated partial table*) Ini dimaksudkan untuk menunjukkan releve-releve dalam urutan kesamaan **floristik-diagnostik** (*diagnostic-floristic*).

Gagasan tentang kesamaan floristik-diagnostik berlaku bagi jumlah jenis pembeda per kelompok yang ada dalam sebuah releve. Jadi, ini tidak sama dengan kesamaan floristik secara total, seperti yang dievaluasi untuk hubungan kesamaan floristik yang baku (lihat Bab 10.1). Misalnya, releve-releve di mana kelompok *Bromus erectus* diwakili dengan jumlah jenis yang paling tinggi ditulis pada bagian permulaan urutan dan releve-releve yang mempunyai wakil-wakil kelompok *Cirsium oleraceum* ditulis pada bagian akhir. Urutan baru releve dibuat

## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

**Tabel 9.4** Contoh sebuah **tabel-parsial** yang diekstrak dari Tabel 9.3 dengan mengatur ulang urutan jenis; yaitu jenis-jenis yang digarisbawahi dengan garis lurus (Kelompok I) dan jenis-jenis yang digarisbawahi dengan garis berombak (Kelompok II) telah dipindahkan bersama-sama. Releve dengan jenis pembeda bersama dapat ditonjolkan dengan membuat kotak yang melingkupi kelompok jenis yang berasosiasi. Sekarang Tabel dapat disusun dengan memindahkan releve-releve tersebut sehingga letaknya bersebelahan yang diikat bersama-sama dengan kelompok jenis berasosiasi yang sama. Selain itu releve-releve tersebut dapat disusun lebih lanjut dalam kelompok dengan mengaturnya dalam urutan nomor-nomor jenis pembeda.

Nomor releve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<b>I.</b> <i>Brom. er.</i>	50	35	74						47	21					37										10
<i>Camp. glom.</i>	+	1	1						1		1				+										+
<i>Viola hirta</i>			+						2	3					+			+							+
<i>Briza m.</i>	1	1							2	1						2									
<i>Scab. col.</i>	+	2		1						+					+										
<i>Linum cath.</i>	+		+	+					+							+									
<i>Thym. serp.</i>	1	+	+	+						2															
<i>Salvia pr.</i>				4					2	5					1										4
<i>Koel. pyr.</i>	3			2					3	3															
<i>Fest. ov.</i>	2	1							1	2															
<b>II.</b> <i>Cirs. aler</i>					+	12	20	20			3	+	10			2	+	+	2	+	1			3	
<i>Geum riv.</i>					2	1	5			3	+	+			1	+	+	1	+	1	+			+	
<i>Holo. lan.</i>			1	1	1	2			2	1	2				2			2		2	+			15	
<i>Melandr. d.</i>			2	1								+	+	1	1	+		+	+	+	+			4	
<i>Alopec. pr.</i>			2	8		10			6	4							2			15	10			1	
<i>Lysim. numm.</i>					+		1		+	+						+			+	+				+	
<i>Dasch. caesp.</i>						11	2		28		1				10	2	5								
<i>Lychn. fl. c.</i>							+		+						1	+	+	+	+					+	
<i>Glech. hed.</i>					+		+	+		+	+												+		
<i>Angel. silv.</i>					1	2							+	1									1		+
<i>Car. acut.</i>						10			4									2	1						2
<i>Fil. ulm.</i>					3		2					+	+												
<i>Pimp. magn.</i>							+						1								1				
<i>Pal. bist.</i>							1					+						+		1					4
<i>Tarst. sat</i>													1	+					3						
<b>Jumlah jenis</b>																									
Kelompok I		8	4	6	6					8	8		1		4	3			1						4
Kelompok II					4	8	10	9			9	5	9	7		3	8	3	8	3	10	5	3		10
<b>Nomor urut baru<sup>1)</sup></b>	1	8	5	4	14	17	23	20	2	3	22	11	21	16	6	9	18	10	19	12	24	15	13	7	25

<sup>1</sup> Releve 1 tetap pada tempat semula, releve 2 pindah ke tempat ke-8, releve 3 pindah ke tempat ke-5, dan seterusnya.

dari Tabel 9.4. Jumlah jenis untuk setiap releve dalam masing-masing kelompok sebaran dijumlah pada bagian bawah Tabel 9.4. Urutan baru releve diperoleh dengan mengurutkan petak-petak menurut jumlah jenis pembeda dalam setiap kelompok. Bila jumlah jenis per kelompok sama dalam dua atau lebih (misalnya,

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

dalam releve 1, 9, dan 10, masing-masing dengan delapan jenis), rangkaiannya disusun menurut urutan jumlah kuantitatif yang lebih besar dari jenis pembeda dalam kelompok. Urutan nomor baru releve ditulis di bagian bawah Tabel 9.4.

Pekerjaan membuat tabel yang telah diuraikan di atas sementara ini dilakukan oleh satu orang. Tetapi, pembuatan tabel parsial diordinasikan (Tabel 9.6) dan **tabel diferensial** (*differentiated table*) (Tabel 9.7), yang akan dibahas di bawah ini, banyak dipermudah dengan kehadiran orang kedua yang mendiktekan data.

**Tabel parsial diordinasikan** (*ordinated-partial-table*) disiapkan pada selembar kertas grafik dengan memasukkan urutan releve baru (dari bagian bawah Tabel 9.4.) pada bagian atas tabel berikutnya (Tabel 9.6.). Pada baris pertama dicatat deretan nomor urut baru (dari 1 sampai 25); pada baris kedua nomor releve asli dimasukkan sesuai dengan nomor urut baru. Dalam setiap kelompok, urutan jenis dapat diperbaiki lebih lanjut dengan menuliskan kembali menurut urutan konstansi dari tinggi ke rendah. Orang kedua mendiktekan nilai bagi setiap jenis dari Tabel 9.4 dengan menggunakan sebuah lajur pendiktekan (dari kertas grafik yang sama) yang menunjukkan urutan baru nomor releve asli (Tabel 9.5A). Pencatat menggunakan sebuah lajur yang berisi nomor-nomor releve dengan urutan dari 1 sampai 25 (Tabel 9.5B) dan ia bergerak dari atas ke bawah dari baris jenis satu ke baris jenis lain. Orang yang mendikte selalu menyebutkan nomor urut baru dulu dan kemudian nilai kuantitatif terkait bagi setiap jenis dari tabel-konstansi.

Hasil pemindahan adalah sebuah tabel parsial diordinasikan (Tabel 9.6). Dari tabel ini dapat dilihat bahwa dalam masing-masing kelompok, yaitu kelompok *Bromus* dan kelompok *Cirsium*, hanya terdapat beberapa jenis dengan sebaran luas dan sedikit juga dengan sebaran sempit. Dalam Tabel 9.6 kelompok yang terakhir digarisbawahi.

Selanjutnya, urutan jenis yang lebih baik dapat diperoleh dengan mendaftarkan ulang dan memisahkan jenis-jenis yang digarisbawahi serta jenis-jenis yang tidak digarisbawahi dalam subkelompok terpisah. Ini paling baik dibuat dalam sebuah tabel-parsial lain (tidak ditunjukkan di sini). Kemudian dalam setiap subkelompok sebaran, urutan jenis dapat diperbaiki dengan menuliskan jenis yang dikelompokkan dalam urutan kelimpahan dari besar sampai kecil.

Ketika tabel-parsial akhir diselesaikan, keseluruhan tabel-kasar diubah menjadi tabel diferensial (Tabel 9.7). Dalam tabel ini, jenis pembeda dan semua jenis lainnya ditulis dalam urutan menurut konstansinya dan releve dikelompokkan menjadi tiga unit. Lajur pendiktekan digunakan juga untuk pemindahan.

## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

**Tabel 9.5** Lajur Pendiktean

A Untuk tabel parsial pertama, lihat TABEL 9.4	1 8 5 4 14 17 23 20 2 3 22 11 21 16 6 9 18 10 19 12 24 15 13 7 25
B Untuk tabel parsial yang diordinasikan, lihat TABEL 9.6	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

**Tabel 9.6** Tabel parsial diordinasikan (bandingkan dengan Tabel 9.5) yang diperoleh dengan mengatur ulang urutan releve menurut urutan baru yang ditunjukkan pada bagian bawah Tabel 9.4. Setelah pengaturan ulang, dapat dilihat jenis-jenis dalam kelompok I dan II yang mempunyai amplitudo lebih terbatas (masing-masing digarisbawahi atau digarisbawahi dengan titik-titik) ketimbang yang lain.

Nomor urut baru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25						
Nomor releve	1	9	10	4	3	15	24	2	16	18	12	20	23	5	22	14	6	12	19	8	13	11	7	21	25						
<b>I. Brom. er.</b>	50	47	21	24	35	37	10																								
<i>Camp. glom.</i>	+	1		1	1	+																									
<i>Viola hirta</i>	2	3		+	+	+																									
<i>Briza m.</i>	1	2	1																												
<i>Scab. col.</i>	+	+	1	+																											
<i>Linum cath.</i>	+	+	+	+																											
<i>Thym. serp.</i>	1	2		+	+																										
<i>Salvia pr.</i>	2	5		4	1	4																									
<i>Kbel. pyr.</i>	3	3	2																												
<i>Fest. av.</i>	2	1	2																												
<b>II. Cirs. oler<sup>1</sup></b>											+	1	+	+	18	12	2	+	20	+	3	20	2	3							
<i>Geum rivale</i>											1	+	+		+	2	+	1	5	+	3	1	+	+							
<i>Holo. lan.</i>													+	1	2	1	2	+	2	1	2	1	2	15							
<i>Melandr. d.</i>											1	+		+	1	2	+	+	+	+	1	+	4								
<i>Alopec. pr.</i>											2				2	10	8		10	4	6	15	1								
<i>Lysim. numm.</i>											+	+					+	+	1		+	+	+								
<i>Dasch. caesp.</i>															1	10	2	2		20	11	5									
<i>Lych. fl. c.</i>											1						+	+	+	+	+	+	+								
<i>Glech. hed.</i>											+			+	+				6		+	+	+								
<i>Angel. silv.</i>													1			1	1			+	2	+	+								
<i>Car. acut.</i>																	2			4	10	1	2								
<i>Fil. ulm.</i>															+	3			2	+											
<i>Pimpin. magp.</i>																	+		1	+	1										
<i>Pol. bist.</i>													3					1			1		4								
<i>Fest. sat.</i>													3				+			1											
Jumlah jenis																															
Kelompok I a	5	5	5	4	3	3	2	3																							
Kelompok I b	3	4	2	2	3	1	2	1	1																						
Kelompok II b											3	3	4	3	1	4	5	3	5	5	5	6	6	6	4	6	6				
Kelompok II a											1	2																			
Nomor urut yg diubah <sup>2)</sup>	3	4	2	1	6	5	7	8	9	10	11	12	15	13	14	24	19	18	16	21	17	20	25	22	23						

<sup>1</sup> Bila terdapat biomassa sangat rendah (+), *Cirsium oleraceum* tidak dimasukkan dalam kelompok IIa karena kehadirannya sebagai individu tunggal dianggap tidak cukup untuk membuat kecenderungan.

<sup>2</sup> Kriteria untuk menetapkan urutan pasti releve bukan hanya jumlah jenis dalam kelompok Ia, Ib, IIb, dan IIa, melainkan juga biomassa jenis penting, yaitu *Bromus erectus* dalam kelompok Ia dan *Cirsium oleraceum* dalam kelompok IIa.

Pada tahap ini tabel belum tersusun dengan sempurna. Misalnya, urutan releve dalam tabel dapat diperbaiki lebih lanjut dengan memindahkan releve 14 (urutan No. 24) lebih ke kiri. Releve 19 (urutan No. 16) dihilangkan, karena releve ini menunjukkan rumpang besar dalam kelompok “jenis lain” dan karena berisi lebih dari lima jenis yang tidak terdapat dalam petak-petak lain. Tampaknya komunitas ini mempunyai kesamaan rendah terhadap komunitas-komunitas *Arrhenatherum* yang lain, meskipun *Arrhenatherum* melimpah. Ini mungkin disebabkan oleh kenyataan bahwa releve tersebut terdapat dekat anak Sungai Danube, yang secara berkala tergenang air dan terjadi sedimentasi. Tetapi, eliminasi seperti itu harus dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah eliminasi secara sesukahati terhadap semua materi yang “tidak cocok.” Eliminasi cuplikan tegakan dari sebuah tabel tidak dapat diartikan bahwa variasi dalam tegakan tersebut diabaikan. Ini hanya berarti bahwa tegakan tersebut dianggap sebagai tegakan dengan kategori sendiri dan mungkin dapat dikelompokkan dengan tegakan-tegakan yang mempunyai lebih banyak kesamaan bila survei diperluas sehingga mencakup studi yang lebih lengkap tentang komunitas rumput *Arrhenatherum* di kawasan ini.

Pengaturan tabel berulang-ulang banyak membantu dalam menjelaskan hubungan kesamaan antarkomunitas. Oleh karena itu, aspek ini jangan dilupakan. Tetapi, pengaturan ulang dapat menimbulkan kesalahan sewaktu pemindahan. Untuk mencegah terjadinya kesalahan biasanya cukup dengan memeriksa jumlah jenis dalam setiap releve dan dibandingkan dengan jumlah yang tercatat dalam tabel pertama. Penggunaan lajur pendiktean dapat menimbulkan distorsi ke kiri dan kanan pada waktu pemindahan data, tetapi deviasi ke atas atau ke bawah pada baris jenis hampir tidak mungkin.

Teknik pembuatan telah dibahas secara rinci karena teknik yang rasional akan banyak menghemat waktu. Selanjutnya ingin ditunjukkan bahwa apa yang dinamakan **teknik statistika vegetasi** (*vegetation statistical technique*) atau teknik tabulasi tidak ada kaitannya dengan statistik dalam pengertian biasa. Teknik ini merupakan metode perbandingan teratur, yang lebih menekankan kriteria kualitatif, seperti kehadiran atau ketidakhadiran jenis, daripada kriteria kuantitatif.

Dapat dikemukakan bahwa data lapangan asli tidak diubah atau dikonversi menjadi bentuk lain. Hanya urutan releve dan jenis digeser beberapa kali untuk memunculkan perbedaan kualitatif penting antarpetak.

Pengaturan kelompok-kelompok jenis yang berasosiasi adalah benar-benar prosedur objektif yang dapat diikuti dan dimengerti serta diulang dengan data yang sama oleh orang yang tidak mengenal lokasi dan vegetasi. Tetapi, penentuan

## Klasifikasi Vegetasi dengan Pembandingan Tabel

batas-batas kelas dilaksanakan berdasarkan atas pertimbangan subjektif. Misalnya, seseorang ingin membuat kriteria yang agak berbeda dan penempatan sebuah petak marginal dalam satu atau dua kategori dapat menjadi bahan argumen. Pentunjukan batas-batas kelas secara objektif sukar sekali dilakukan karena variabilitas yang tidak sama besar antar-releve selalu ada. Selanjutnya, upaya untuk memperoleh variabilitas yang sama besar dalam setiap kelas—seperti diperlukan dalam penunjukan batas-batas kelas secara objektif—biasanya memberi makna ekologi yang diragukan.

Kita dapat meringkaskan prosedur tabulasi lembaran releve lapangan yang telah terkumpul sampai ke tabel diferensial akhir dalam tujuh langkah:

1. Masukkan data releve ke dalam sebuah tabel, yaitu tabel-kasar. Nilai-nilai jenis dicatat pada baris dan releve dalam kolom. Urutan pemasukan data tidak teratur.
2. Hitung berapa kali setiap jenis hadir dalam deretan releve keseluruhan dan hitung **nilai konstansi** (*constancy value*) untuk setiap jenis. Catat nilai ini pada akhir baris setiap jenis.
3. Masukkan semua jenis ke dalam tabel baru menurut urutan nilai konstansi dari tinggi sampai rendah (**perubahan pertama urutan jenis**). Ini adalah tabel konstansi. Waktu dapat dihemat dengan memasukkan hanya jenis dengan kisaran konstansi antara. Kisaran ini dapat ditentukan sesukanya antara 60% dan 10%, 70% dan 25%, dsb. Ini bergantung kepada vegetasi dan pertimbangan kita.
4. Cari di antara jenis dengan kisaran konstansi antara jenis-jenis yang berasosiasi, yaitu yang terdapat dalam lebih dari satu releve. Jenis-jenis ini mungkin dapat dijadikan **jenis pembeda** (*differentiating species*). Cari juga jenis-jenis yang secara bersama-sama hanya terdapat dalam kelompok pertama. Jenis ini dapat menjadi sebuah kelompok jenis pembeda yang lain. Garis bawahi setiap jenis yang masuk dalam kategori yang sama.
5. Pisahkan jenis-jenis yang digarisbawahi ini dan masukkan ke dalam sebuah tabel parsial baru dengan memindahkan bersama-sama jenis-jenis dari setiap kelompok (perubahan kedua urutan jenis).
6. Ubah urutan releve dengan memindahkan bersama-sama releve-releve yang mengandung jenis-jenis yang berasosiasi. Ini akan menghasilkan sebuah **tabel parsial diordinasikan** (*ordinated partial table*). Pada tahap ini, dalam setiap kelompok jenis pembeda, urutan releve dan jenis dapat dihaluskan, yaitu dengan mengurutkan releve menurut jumlah jenis pembeda per



kelompok serta mengurutkan jenis pembeda dari amplitudo lebar ke sempit dan konstansi dari tinggi ke rendah.

7. Langkah akhir. Rekam semua jenis dalam sebuah **tabel diferensial akhir** (*completed differentiated table*) dengan pertama-tama menuliskan jenis pembeda yang terdapat dalam langkah 1 sampai 6. Ini kemudian diikuti dengan pengurutan jenis lain menurut nilai konstansi dari tinggi ke rendah. Nilai ini diperoleh dalam langkah 2.

#### 9.4 KOMUNITAS TUMBUHAN ABSTRAK TIDAK BERPERINGKAT

Satu hasil penting dari proses tabulasi yang berakhir dengan tabel diferensial (Tabel 9.7.) adalah penggabungan releve-releve menjadi beberapa **unit vegetasi** (*vegetation unit*). Tetapi, peringkat sistematiknya atau status hierarkinya dalam kaitan dengan tipe komunitas yang telah ada belum ditentukan. Setiap formasi vegetasi dapat dipecah-pecah lagi menjadi unit-unit yang lebih kecil dengan cara sama. Unit-unit vegetasi seperti itu, yang belum ditempatkan dalam konsep-konsep tipe atau kategori-kategori yang telah ada dan yang merupakan hasil pengelompokan releve atau tegakan cuplikan berdasarkan kesamaan floristik, dinyatakan sebagai komunitas tumbuhan abstrak atau tipe komunitas. Sementara itu, Poore (1955) menamakan komunitas-komunitas abstrak tersebut *nodum*. Unit vegetasi pertama (A) pada Tabel 9.7 diidentifikasi dengan kehadiran beberapa anggota kelompok *Bromus erectus* (Ia). Unit kedua (B) dikenal dengan kehadiran beberapa anggota kelompok *Geum rivale* (IIb) dan bersamaan dengan ketidakhadiran beberapa anggota kelompok *Cirsium oleraceum*. Unit ketiga (C) diidentifikasi dengan kehadiran beberapa anggota kelompok *Cirsium oleraceum* (IIa) dan kelompok *Geum rivale* (IIb).

Unit-unit vegetasi ini dibuat semata-mata berdasarkan kriteria floristik dengan membandingkan tabel-tabel komposisi jenis. Meskipun demikian, dengan menelaah habitatnya secara cermat diketahui bahwa unit-unit ini dapat pula dicirikan dengan kriteria ekologi dan ekonomi. Dalam Tabel 9.7. tampak bahwa unit-unit ini membentuk deretan ekologi yang menunjukkan peningkatan kelembapan tanah. Kapasitas produksi meningkat dalam arah yang sama sesuai dengan pemupukan yang seragam (bandingkan dengan taksiran produktivitas yang dicatat di bagian atas Tabel 9.7). Tetapi, unit vegetasi kedua adalah yang paling bernilai ditinjau dari nilai pakan.

Tipe vegetasi seperti itu bermanfaat sebagai unit kerja bagi ekologiwan dan pengelola meskipun peringkat-unit sistematiknya (seperti dalam Bab 8.9.3)

## Klasifikasi Vegetasi dengan Pembandingan Tabel

belum ditentukan. Sebarannya dapat dipetakan bahkan tanpa menunggu pengklasifikasian menjadi kategori sistematis. Untuk memudahkan komunikasi unit-unit ini dapat diberi nama-nama pendek, seperti:

- A. Tipe ara-ara *Bromus-Arrhenatherum*
- B. Tipe ara-ara *Geum-Arrhenatherum*
- C. Tipe ara-ara *Cirsium-Arrhenatherum*

Untuk maksud-maksud khusus nama umum mungkin lebih disukai. Nama-nama seperti itu hanya berupa lambang kombinasi-kombinasi tertentu dari kelompok-kelompok jenis. Ini berlaku juga untuk semua nama-nama yang dibuat untuk unit-unit yang ditentukan secara floristik. Di sini nama-nama tersebut tidak mengimplikasikan bahwa jenis yang digunakan untuk nama-nama tersebut adalah dominan atau jenis tersebut hadir dalam setiap releve. Misalnya, releve 2 dalam Tabel 9.7 (nomor urut baru 8) masih dapat dianggap sebuah ara-ara *Bromus-Arrhenatherum* meskipun *Bromus erectus* tidak hadir. Bagi orang yang tidak berpengalaman ini dianggap aneh dan dapat membingungkan. Tetapi, alasan untuk mengikutsertakan releve 2 dalam tipe komunitas *Bromus-Arrhenatherum* adalah bahwa releve ini mengandung tiga anggota kelompok jenis pembeda yang dinamakan menurut jenis utama *Bromus erectus*. Selain itu, releve 2 juga tidak mempunyai jenis pembeda dua tipe komunitas lainnya. Ada juga kemungkinan bila releve 2 diperluas menjadi lebih besar dari ukuran yang sekarang 10 x 10 m, spesimen *Bromus erectus* akan muncul. Dengan demikian, keanggotaan releve 2 dalam tipe komunitas pertama tentu saja akan lebih jelas. Sudah pasti releve 2 adalah releve di perbatasan dan penempatannya dalam tipe komunitas *Bromus-Arrhenatherum* merupakan pertimbangan pribadi sehingga dapat dipertanyakan. Seperti releve 19, releve 2 ini dapat dianggap kategori tersendiri yang dapat dikeluarkan dari tabel.



## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

**Tabel 9.7** (Lanjutan) Jenis yang tersisa telah ditransfer dengan pendiktean dari Tabel 9.2. menurut urutan baru releve. Selain itu jenis diurut menurut konstansi. Unit-unit vegetasi dipisahkan dengan garis-garis vertikal. Tabel ini juga menunjukkan informasi pendahuluan yang lengkap.

Nomor urut yang diubah	A						B						C												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<i>Taraxacum officinale</i>	+	+	+	+	+	+																			
<i>Trifolium pratense</i>	+																								
<i>Melicago lupulina</i>	+																								
<i>Helicotrichon pubescens</i>	+	1	4																						
<i>Alysa reptans</i>																									
<i>Trisetum flavescens</i>																									
<i>Cynops biternis</i>																									
<i>Trifolium repens</i>																									
<i>Hemerocallis spandayana</i>																									
<i>Centaurea jacea</i>																									
<i>Plantago major</i>																									
<i>Campylosiphon holundifolia</i>																									
<i>Festuca rubra</i>																									
<i>Crabium campitatum</i>																									
<i>Pumelia vulgaris</i>																									
<i>Bellis perennis</i>																									
<i>Lathyrus pratensis</i>																									
<i>Vicia sativa</i>																									
<i>Trigonopogon pratensis</i>																									
<i>Carex flacca</i>																									
<i>Sonchis oleracea</i>																									
<i>Anthriscus silvestris</i>																									
<i>Vicia cracca</i>																									
<i>Lolium corniculatum</i>																									
<i>Leontodon hispidus</i>																									
<i>Dianthus superbus</i>																									
<i>Galium boreale</i>																									
<i>Silene inflata</i>																									
<i>Ranunculus acris</i>																									
<i>Potentilla reptans</i>																									
<i>Rusticosa sativa</i>																									
<i>Silene pratensis</i>																									
<i>Carex hirta</i>																									
<i>gracilis</i>																									
<i>Myosotis arvensis</i>																									
<i>Pimpinella saxifraga</i>																									
<i>Cardamine pratensis</i>																									
<i>Myosotis palustris</i>																									
<i>Galium verum</i>																									
<i>Euphrasia calamites</i>																									
<i>Rumex crispus</i>																									
<i>Poa trivialis</i>																									
<i>Phleum pratense</i>																									
<i>Festuca arvensilis</i>																									
<i>Lolium perenne</i>																									
<del><i>Silybum maritima</i></del>																									
<del><i>Plantago arvensis</i></del>																									
<i>Phragmites communis</i>																									
<i>Brachypodium pinnatum</i>																									
<i>Carex panicea</i>																									
<i>Geranium pratense</i>																									
<i>Galium uliginosum</i>																									
<i>Sanguisorba officinalis</i>																									
<i>Ranunculus repens</i>																									
<del><i>Lamium album</i></del>																									
<del><i>Polygala complanata</i></del>																									
<del><i>Euphrasia album</i></del>																									
<i>Alchemilla vulgaris</i>																									

Peringkat sistematik unit-unit vegetasi yang dibuat dengan perbandingan tabel-tabel tidak dapat ditentukan dari Tabel 9.7 tanpa pengetahuan lebih lanjut tentang vegetasi wilayah. Oleh karena itu, sementara ini kita belum dapat mengatakan apakah unit-unit ini adalah varian, subasosiasi, atau asosiasi menurut pengertian konsep tipe vegetasi floristik Braun-Blanquet. Kita hanya dapat menunjuk kelas menurut amplitudo sebaran kelompok-kelompok jenis pembeda. Unit-unit B dan C dipersatukan oleh kelompok *Geum rivale* dan dipisahkan oleh kelompok *Cirsium oleraceum*. Oleh karena itu, B dan C dapat dianggap sebagai satu tipe komunitas, termasuk semua ara-ara *Geum-Arrhenatherum*. Unit gabungan ini dapat diberi peringkat sama dengan tipe komunitas *Bromus-Arrhenatherum* (A).

Bila data tentang komunitas tumbuhan dan tipe komunitas tumbuhan telah dihimpun dalam jumlah besar dari sebuah wilayah atau sub-kontinen yang lebih luas yang telah diteliti secara rinci, akan sangat menarik untuk mengaitkan setiap tipe komunitas dengan skema konsep tipe vegetasi yang menyeluruh. Karena itu, kita mungkin dapat bertanya bagaimana tipe-tipe komunitas kita yang berbasis tabel dapat dicocokkan, baik secara individual maupun secara kelompok (yaitu unit ara-ara rumput *Arrhenatherum* secara keseluruhan), ke dalam skema kategori Braun-Blanquet, yang telah diterapkan secara luas di seluruh Eropa. Ini akan dibahas dalam bab berikutnya.

### 9.5 PEMERINGKATAN KOMUNITAS TUMBUHAN ABSTRAK

Penunjukan unit-unit vegetasi ke dalam kategori floristik menurut sistem hierarki Braun-Blanquet (bandingkan Bab 8.9.3) lebih banyak merupakan pertimbangan pribadi ketimbang pembentukan unit-unit vegetasi tidak berperingkat. Meskipun demikian, penunjukan ini tidak seluruhnya sesuka hati bila berdasarkan sejumlah besar releve, perbandingan tabulasi yang rinci dan pengetahuan yang dalam tentang vegetasi di kawasan geografi yang luas. Landasan filosofinya sama dengan skema klasifikasi tanah yang diterapkan secara lebih luas. Penunjukan masing-masing unit atau kelompok unit berdasarkan kesesuaian dengan definisi kategori, pengetahuan, dan pengenalan tentang unit-unit dan akal sehat.

Evaluasi dan perbandingan data banyak sekali memerlukan teknik khusus, karena penyajian setiap releve dengan tabel akan menjadi repot bila jumlahnya melebihi 100 sampai 200. Unit-unit yang dibedakan dalam tabel yang rinci disarikan menjadi satu kolom untuk penyiapan sebuah **tabel ringkasan** (*summary table*). Ringkasan tersebut dapat dibuat dengan berbagai cara:

## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

1. Hanya dengan menyatakan persentase konstansi setiap jenis.
2. Dengan menunjukkan persentase konstansi bersama-sama dengan besarnya nilai rerata atau taksiran biomassa rerata.
3. Dengan menghitung **nilai derajat penutup** (*cover degree value*), yaitu persentase penutup rerata) untuk setiap jenis.

Perlu ditekankan bahwa bila nilai kuantitatif rerata dihitung untuk sebuah jenis dalam satu kelompok releve (seperti dalam butir 3 di atas), nilai kedua yang menunjukkan seberapa keperwakilan rerata tersebut harus dimasukkan, sebab kalau tidak dimasukkan tidak ada petunjuk tentang variasi dalam unit. Nilai kedua ini disajikan dengan baik dan mudah oleh konstansi. Di sini kita akan membahas hanya dua cara pertama saja karena cara ini memerlukan usaha yang paling minimum dan biasanya memuaskan untuk tujuan ringkasan.

Konstansi dapat diekspresikan baik dengan persentase atau lebih sederhana lagi dengan lima kelas yang dinyatakan dengan angka Romawi sebagai berikut:

- I. Sampai 20% konstansi (langka)
- II. 20,1 – 40% konstansi rendah
- III. 40,1 – 60% konstansi antara
- IV. 60,1 – 80% konstansi agak tinggi
- V. 80,1 – 100% konstansi tinggi

**Tabel 9.8** Permulaan dari sebuah **tabel ringkasan**. Penghitungan konstansi dan nilai biomassa rerata bagi setiap jenis. Dua kolom yang diblok dipindahkan ke tabel ringkasan (Tabel 9.9).

Nomor urut TABEL 9.7									Konstansi		Biomassa (%)			
Nomor releve									absolut	dlm %	jumlah	rerata		
Ia Kelompok <i>Bromus erectus</i>														
	<i>Bromus erectus</i>	7	1	2	3	4	5	6	7	8	7	27	39	
	<i>Scabiosa columbaria</i>		1	+	+		+		2	5	63	3	26	
	<i>Thymus serpyllum</i>		+	2	1				+	+	5	63	3	26
	<i>Salvia pratensis</i>			5		2	1	4	4		5	63	16	32
	<i>Koeleria pyramidata</i>		2	3	3	3				4	50	11	28	
	<i>Festuca ovina</i>			2	2	1				1	4	50	6	15

Nilai dalam skala penilaian Braun-Blanquet (Bab 5.4.2.) tidak dapat dirata-ratakan tanpa dikonversi kembali ke persentase penutup. Kisaran persentase penutup yang terkait dengan masing-masing nilai dalam skala penilaian tidak sama. Oleh karena itu, bermanfaat menyebutkan kisaran nilai untuk setiap jenis atau menunjukkan nilai yang paling umum dicatat atau menyatakan kedua nilai

ringkasan untuk releve yang membentuk sebuah tipe vegetasi. Taksiran persentase biomassa tumbuhan yang dicatat dalam Tabel 9.7 dapat langsung dirata-ratakan. Ini dapat dilakukan tanpa memasukkan releve di mana jenis tidak tercatat (lihat Tabel 9.8), karena kehadiran dan ketidakhadiran suatu jenis sudah dievaluasi dengan persentase konstansi.

Untuk menerangkan prosedur ringkasan, kita akan menggunakan data Tabel 9.7 dengan mengatur ulang ke dalam sebuah tabel-ringkasan (Tabel 9.9). Sayang sekali sebagian besar data vegetasi diterbitkan hanya dalam bentuk tabel-ringkasan, karena biaya penerbitan. Tabel-ringkasan tentu saja kurang sesuai untuk penelaahan data secara kritis, karena variasi antar-releve tidak tampak lagi.

Tabel 9.9 menunjukkan langkah lebih lanjut dalam memperlakukan data. Tabel ini sudah merupakan apa yang disebut **tabel dicirikan** (*characterized table*). Semua jenis telah digabungkan ke dalam kelompok-kelompok yang diperkirakan akan berguna sebagai jenis penciri untuk asosiasi, aliansi, ordo atau kelas di Jerman Barat Daya. Perlu ditekankan sekali lagi bahwa pengaturan ke dalam kelompok-kelompok jenis penciri bukan hasil perbandingan tabulasi data yang dianalisis dalam Tabel 9.7, melainkan ini merupakan hasil perbandingan dengan komunitas lain. Oleh karena itu masing-masing cuplikan vegetasi tidak memberikan makna susunan baru urutan jenis seperti ditunjukkan dalam Tabel 9.9. Urutan berperingkat jenis penciri dalam Tabel 9.9 dapat dianggap sebagai sebuah hipotesis kerja, dan karena itu hanya diterapkan di kawasan geografi terbatas. Pemingkatan akhir menjadi unit-unit vegetasi khusus hanya dapat dibuat setelah seluruh spektrum komunitas tumbuhan Eropa atau paling tidak yang terdapat di Eropa Tengah telah diketahui secara lengkap.

Kemungkinan yang baik untuk perbandingan disajikan dalam Tabel 9.10. Dalam tabel ini, kita dengan sengaja tidak menunjukkan komunitas tumbuhan dari Jerman Selatan, tetapi hanya komunitas tumbuhan dari Jerman Barat Laut yang dipertelakan Tüxen (1937). Masing-masing nomor komunitas pada Tabel 9.10 mengacu kepada komunitas abstrak. Perbandingan berguna untuk menjawab pertanyaan apakah sebaran jenis yang dihasilkan oleh studi dari kawasan yang terbatas di Jerman Barat Daya sama dengan sebaran di kawasan yang telah ditelaah secara mendalam di Eropa Tengah.

Jawabannya adalah ya. Bila Tabel 9.10 dan Tabel 9.9 dibandingkan, akan terlihat bahwa sebaran sebagian besar jenis paralel, tetapi kelimpahannya berbeda. Misalnya, *Geum rivale* dan *Melandrium diurnum* terdapat lebih umum di Jerman Barat Daya ketimbang di Jerman Barat Laut. Demikian juga *Bromus erectus* dan *Salvia pratensis* yang tidak terlalu umum terdapat di Jerman Barat Laut dan dua jenis ini tidak pernah terdapat bersama-sama dengan *Arrhenatherum* atau

## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

jenis-jenis lain dari kelompok d (Tabel 9.10), kecuali dengan *Gallium mollugo*. Meskipun demikian, *Bromus* dan *Salvia* dapat juga digunakan di kawasan ini sebagai indikator ara-ara kering dan sama halnya dengan kelompok c *Cirsium oleraceum* (Tabel 9.10) yang menunjukkan kesesuaian dengan habitat lembap di Jerman Barat Laut. Pusat sebaran utama dua kelompok tersebut terletak di utara dan selatan, di luar ara-ara *Arrhenatherum*. Jadi, jenis-jenis tersebut hanya mewakili jenis pembeda dan bukan jenis penciri dalam tipe komunitas *Arrhenatherum*.

Dengan Tabel 9.10 dapat diputuskan jenis yang mana yang dapat dianggap sebuah jenis penciri untuk asosiasi, aliansi, ordo, atau kelas. Di antara jenis penciri, Braun-Blanquet membedakan tiga derajat **kesetiaan** (*fidelity*) atau **fidélitas** dalam kaitan dengan suatu unit vegetasi tertentu:

1. **Mutlak-terbatas** (*absolutely restricted*) (setia), yang berarti jenis tersebut khusus atau hampir khusus terdapat hanya dalam satu asosiasi tunggal.
2. **Berasosiasi-kuat** (*strongly associated*), yang berarti jenis tersebut terdapat juga dalam asosiasi lain, tetapi jauh lebih jarang.
3. **Berasosiasi-baik** (*favorably associated*), yang berarti jenis tersebut terdapat kurang-lebih biasa dalam beberapa asosiasi, tetapi jenis ini berkembang secara optimal atau melimpah hanya dalam satu asosiasi tertentu.

Batas-batas sesukanya dapat dibuat dengan mudah untuk setiap kelas jenis penciri.

Bila Tabel 9.10 kita periksa dengan pemahaman kriteria tersebut, akan tampak jelas bahwa hanya sedikit sekali jenis yang dapat dianggap khusus (atau setia) di Jerman Barat Laut. Di antara tumbuhan ara-ara, hanya *Bromus erectus* dan *Salvia pratensis* yang mutlak terbatas di asosiasi *Mesobrometum erecti* (Tüxen 1937: 70) di daerah subatlantik Jerman Barat Laut. (Tetapi, asosiasi ini juga mempunyai jenis lain yang tidak terdaftar dalam Tabel 9.10; di antaranya *Cirsium acciule*, *Brachypodium pinnatum* dan *Gentiana ciliata*). Semua jenis lainnya dalam Tabel 9.10 dapat dianggap hanya sebagai jenis penciri yang berasosiasi kuat atau baik untuk asosiasi tumbuhan tertentu.



## Klasifikasi dan Ordinas Data Vegetasi

**Tabel 9.9** Contoh sebuah tabel ringkasan dicirikan yang dibuat melalui penghitungan persentase konstansi dan nilai rerata biomassa tumbuhan dari data dalam Tabel 9.7 seperti diterangkan dalam Tabel 9.8. Kelompok jenis lain ditunjukkan dalam Tabel 9.7 (termasuk beberapa jenis dari kelompok Ib, IIa, dan IIb dalam Tabel 9.7) diklasifikasikan menjadi empat kelompok jenis (d, e, f, g), menurut peringkat sistematiknya sebagai jenis pembeda untuk tipe vegetasi lain. Pemisahan ini hanya mempunyai validitas lokal. Jenis dengan konstansi rendah dihilangkan dari kelompok g.

Unit	A		B		C	
Jumlah releve	8		6		10	
Hasil panen rerata						
Jumlah jenis rerata						
Konstansi (konst.): Biomassa rerata	konst.	B.p.	konst.	B.p.	konst.	B.p.
<b>a. Jenis pembeda</b>						
unit Bromus-Arrhenatherum						
<i>Bromus erectus</i>	88	59				
<i>Scabiosa columbaria</i>	63	0,6				
<i>Thymus serpyllium</i>	63	0,6				
<i>Salvia pratensis</i>	63	3,2				
<i>Koeleria pyramidata</i>	50	2,8				
<i>Festuca ovina</i>	50	1,5				
<b>b. Jenis pembeda</b>						
unit Geum-Arrhenatherum (B + C)						
<i>Geum rivale</i>			83	+	80	45
<i>Holcus lanatus</i>			17	1	100	2,8
<i>Melandrium album</i>			60	0,3	70	2,1
<i>Alpaca pratensis</i>			50	4,7	60	7,3
<i>Lysimachia nummularia</i>			33	+	60	+
<b>c. Jenis pembeda</b>						
Cirsium-Arrhenatherum (C)						
<i>Cirsium oleraceum</i>			50	+	100	2,1
<i>Dischampsia caespitosa</i>					60	9,5
<i>Angelica silvestris</i>					60	0,8
<b>d. Jenis penciri (?)</b>						
komunitas padang rumput						
Arrhenatherum elatioris						
<i>Arrhenatherum elatius</i>	100	7,9	100	16,7	100	14,4
<i>Galium mollugo</i>	100	4,1	100	4,7	100	8,1
<i>Trisetum flavescens</i>	63	3,2	83	9,4	40	5,8
<i>Crepis biennis</i>	38	+	83	4,2	70	2,1
<i>Hieracium spondylium</i>	38	0,3	83	0,8	60	0,3
<i>Tragopogon pratensis</i>	13	+	50	1	30	0,7
<i>Anthriscus silvestris</i>	13	+	17	2	30	+
<i>Rastinaca sativa</i>			17	3	20	0,5
<i>Geranium pratense</i>			17	+		
<b>e. Jenis penciri (?)</b> komunitas						
Arrhenatherum dan Lolium						
<i>Chrysanthemum leucanthem.</i>	100	2,3	83	4,6	90	4,3
<i>Veronica chamaedrys</i>	88	+	83	0,6	90	0,7
<i>Daucus carota</i>	88	0,7	100	0,8	70	4,6
<i>Trifolium repens</i>	38	0,3	67	0,5	70	+
<i>Bellis perennis</i>	38	0,3	67	0,3	40	+
<i>Lolium perenne</i>			17	2		

## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

Tabel 9.9 (Lanjutan)

Unit	A	B	C
f. Jenis penciri kelas padang rumput			
<i>Dactylis glomerata</i>	100	65	100
<i>Poa pratensis</i>	100	18,3	100
<i>Festuca pratensis</i>	75	3,8	100
<i>Ranunculus acer</i>	88	2,4	100
<i>Rumex acetosa</i>	38	+	83
<i>Trifolium pratense</i>	35	0,5	83
<i>Helictotrichon pubescens</i>	63	1,4	100
<i>Centaurea jacea</i>	63	1,4	50
<i>Festuca rubra</i>	75	5,3	50
<i>Cerastium caespitosum</i>	63	+	33
<i>Lathyrus pratensis</i>	13	+	50
<i>Vicia cracca</i>	38	+	17
<i>Filipendula ulmaria</i>			
<i>Pimpinella magna</i>			
<i>Polygonum bistorta</i>			
<i>Silene pratensis</i>			
g. Jenis yang tidak berkorelasi kuat dengan padang rumput			
<i>Plantago lanceolata</i>	100	0,9	100
<i>Achillea millefolium</i>	100	3,1	100
<i>Taraxacum officinale</i>	75	+	83
<i>Medicago lupulina</i>	75	+	83
<i>Ajuga reptans</i>	25	0,5	83
<i>Plantago media</i>	75	+	67
<i>Campanula rotundifolia</i>	88	0,6	33
<i>Prunella vulgaris</i>	38	+	50
<i>Vicia sepium</i>	50	+	33
<i>Campanula glomerata</i>	63	0,6	33
<i>Carex flacca</i>	38	2	17
<i>Viola hirta</i>	63	1	17
<i>Senecio jacobaea</i>	25	+	33
<i>Briza media</i>	50	1,3	17
<i>Linum catharticum</i>	50	+	17
<i>Lotus corniculatus</i>	25	+	
<i>Leontodon hispidus</i>	25	0,5	17
<i>Dianthus superbus</i>	25	0,5	33
<i>Galium boreale</i>	25	0,5	
<i>Silene inflata</i>	25	1	
<i>Knautia arvensis</i>	25	0,5	17
<i>Pimpinella saxifraga</i>	25	+	
<i>Galium verum</i>	25	0,5	
<i>Carex acutiformis</i>			

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

**Tabel 9.10** Ringkasan sebaran beberapa jenis di antara tipe-tipe komunitas di Jerman Barat Laut. Ringkasan dari ekstrak yang diperpendek dari tabel-tabel Tüxen (1937). Angka-angka adalah nilai persentase konstansi. Pengelompokan jenis terkait dengan Tabel 9.9. Hanya tiga jenis dengan konstansi tertinggi yang dipilih dari kelompok f dan g.

Formasi tumbuhan di Jerman Barat Laut	KOMUNITAS PADANG RUMPUT																							
	Padang rumpuk kering			Padang penggem- balaan yang dipupuk			Padang penggem- balaan yang baru dipupuk			Ara-ara lembab yang dikelola														
Tipe komunitas, lihat catatan kaki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Halaman dalam TUXEN 1937	56	70	69	103	101	102	109	106	108	105	104	83	92	80	91	81	90	95	89	100				
<b>a. <i>Thymus serpyllum</i></b>	68	87	78				38	33				27				57								
<i>Festuca ovina</i>	70	85	56							36														
<i>Scabiosa columbaria</i>	78	33																						
<i>Kaeleria pyramidata</i>	39	22																						
<i>Bromus erectus</i>	17																							
<i>Salvia pratensis</i>	6																							
<b>b. <i>Holcus lanatus</i></b>						100	72	82		50	18	86	90	91	86	100	20	100	94	100	100	43		
<i>Alopecurus pratensis</i>						75	50	46	87	50		14	90	45	43	90	20		38	23	44	64		
<i>Lysimachia nummularia</i>												27	40	36	24	80	40	43	62		22	50		
<i>Geum rivale</i>													27		v		43					v		
<i>Melandrium diurnum</i>									25								20							
<b>c. <i>Deschampsia caespitosa</i></b>												9	82	29	100	20	7	1	6	15	67	21		
<i>Angelica silvestris</i>														27	67	20	80	71	88		78	7		
<i>Cirsium oleraceum</i>														36	39	20	10	14	44		56			
<b>d. <i>Arrhenatherum elatius</i></b>			22					18			9	82	85	64	17	20	20							
<i>Crepis biennis</i>						25	27				9	68	75	45	11	20	10		12		11			
<i>Tragopogon pratensis</i>								9			18	86	60	18	4	20								
<i>Pastinaca sativa</i>								18				59	60	45										
<i>Anthriscus silvestris</i>								17	9			27	82	90	18	36	20	80		6				
<i>Heracleum sphondylium</i>						8	27	25	83	64	86	95	36	57			60				8			
<i>Trisetum flavescens</i>							9	75	83	73	91	85	53	25			14	6	8					
<i>Galium mollugo</i>			24	22	25			36	50	33	45	50	55	73	v	60			71					
<b>e. <i>Chrysanthemum leucanth.</i></b>								82	50	91	87	83	82	100	80	100	32	60		57	12	31	v	
<i>Veronica chamaedrys</i>								62	v	46	87	100	100	86	65	64	45	80	40	52	38	33		
<i>Daucus carota</i>			50	89	37	8	36				9	64	80	91	25	20	10	14	6			7		
<i>Bellis perennis</i>			28			62	75	82			62	73	91	90	73	93	40	20		88	100	67	29	
<i>Trifolium repens</i>			22	75	100	100		50	17	9	18	15	18	14	20				89	92	v	57		
<i>Lolium perenne</i>				32	100	36						64	75		36				46			21		
<b>f. <i>Festuca pratensis</i></b>								100	100	18	13	17	18	23	95	82	64	100		93	50	69	56	50
<i>Poa pratensis</i>			20	28	45	75	83	55	38	67	36	91	80	73	79	60	40	43	62	62	62			
<i>Dactylis glomerata</i>				45	50	25	46	87	67	64	100	95	91	32	20	90	71	12				22	7	
<b>g. <i>Plantago lanceolata</i></b>			48	65	45	100	75	100	75	100	100	95	85	100	86	80			71	62	85	56		
<i>Achillea millefolium</i>			70	52	45	100	83	73	63	83	82	100	75	91	61	40			85		62			
<i>Taraxacum officinale</i>			20	67	62	83	100	50	100	82	95	95	73	79	80	60	29	38	69	78	64			

# Klasifikasi Vegetasi dengan Pembandingan Tabel

**Tabel 9.10 (Lanjutan)**

																												HUTAN DAN KERANGAS							KOMUNITAS GULMA						
Ara-ara lembab dan basah lain							Kom. teki-teki-an	pada pasir	pada lempung	pada tanah basah			Area ditebas	Lokasi kaya nitrat	Lain-lain	Lahan budidaya																									
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51											
97	79	93	94	87	84	86	75	53	132	131	157	166	161	163	108	144	148	173	34	36	38	26	21	22	24	23	26	31	30	17											
									46	75																															
v	33	73	84	29	86	30												63	50	35																					
33	17	62	27				v																																		
50	62	v	29				33																																		
									33																																
									33																																
17	42	v	65	46	14	57	33	41			70	81	92	63	53	46	46	67																							
v	33	17	48	8	71	36	30				66	23	82	54	39	v	67	v	33			v																			
42				29							35	46	v	v	33			v																							
p																																									
																				v		33	v	50																	
																				50		23																			
																				14		7																			
																				23																					
																				15		14	7																		
17	30	18	8																																						
50	33	9	8	14	7	30												47		90	55	24	44																		
											13		17	80			6																								
17	25	50	46	23	14																																				
50	50	22	46	29																																					
50								72	53	52	42	46	21	43		20	91																								
							90													59		59	35	v	28		45	v													
							42													27		59	43		22	65															
v				38				12													28		v	64		89	63	80	35	v	22	67									

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

Penjelasan nomor tipe-komunitas pada Tabel 9.10. (untuk informasi lebih lengkap lihat Tüxen 1937, 1). Komunitas rumput-kering pada pasir masam. 2. Komunitas semi-rumput-kering pada tanah batu-gamping. 3. Komunitas pada lereng batu-gamping gundul. 4. Padang penggembalaan lembap *Lolium perene*. 5. Padang penggembalaan *Lolium perene* segar. 6. Padang penggembalaan *Lolium perene* kering moderat. 7. Ara-ara *Trisetum flavescens* masam (ara-ara pegunungan). 8. Ara-ara *Trisetum flavescens* masam moderat. 9. Ara-ara *Trisetum flavescens* pada tanah batu-gamping. 10. Ara-ara *Trisetum flavescens* kering moderat. 11. Ara-ara *Trisetum flavescens* segar. 12. Ara-ara *Molina coerulea-Trisetum flavescens*. 13. Ara-ara *Cirsium oleraceum* kering moderat. 14. Ara-ara *Molina coerulea* pada tanah batu-gamping. 15. Ara-ara *Petasites officinalis-Cirsium oleraceum*. 16. Ara-ara *Molina coerulea* (dengan *Parnassia*) agak masam. 17. Ara-ara *Cirsium oleraceum* dengan teki-tekian. 18. Ara-ara *Juncus filiformis* lembap moderat (tipe ara-ara masam, dipupuk). 19. Ara-ara *Cirsium oleraceum* tipikal. 20. Komunitas rumput *Ranunculus repens* lembap moderat (adakalanya dibanjiri). 21. Komunitas rumput *Ranunculus repens* sering dibanjiri. 22. Komunitas *Filipendula ulmaria* tepi-sungai. 23. Ara-ara *Juncus filiformis*. 24. Ara-ara *Juncus filiformis* basah. 25. Ara-ara *Nardus stricta-Molina coerulea* masam. 26. Ara-ara *Molina coerulea* masam. 27. Ara-ara *Molina coerulea* masam, basah. 28. Ara-ara teki-tekian pendek pada tanah batu-gamping. 29. Ara-ara teki-tekian tinggi. 30. Hutan *Quercus robur-Betula pendula* kaya akan *Viola reichenbachiana*. 31. Ara-ara pegunungan *Nardus stricta*. 32. Hutan *Quercus robur-Fagus sylvatica* tipikal. 33 Hutan campuran *Fagus sylvatica* basah. 34. Hutan *Quercus-Fagus* lembap. 35. Hutan *Quercus-Fagus* basah. 36. Hutan *Fraxinus excelsior* dengan teki-tekian. 37. Hutan *Fraxinus excelsior*. 38. Hutan rawa *Alnus glutinosa* dengan air-tanah yang bergerak. 39. Hutan rawa *Alnus glutinosa*. 40. Komunitas ditebas pada tanah batu-gamping. 41. Sama pada tanah masam. 42. Sama pada tanah setengah gambut. 43. Komunitas lahan dasar aluvium. 44. Komunitas tepi-jalan kaya-nitrat. 45. Komunitas tepi-jalan miskin-nitrat. 46. Komunitas jalan setapak pada tanah lembap. 47. Komunitas jalan setapak pada tanah lempung segar. 48. Komunitas dataran banjir dan dasar danau. 49. Kebun sayur pada pasir. 50. Kebun budi daya serealia pada pasir lembap. 51. Kebun budi daya serealia pada tanah batu-gamping.

Jenis penciri yang berasosiasi kuat dalam ara-ara *Arrhenatherum* hanya ada di Jerman Barat Laut: *Arrhenatherum elatius*, *Crepis hiennis*, *Tragopogon pratensis*, dan *Pastinaca sativa* dari kelompok dalam Tabel 9.10 jenis-jenis ini terdapat dengan derajat konstansi tinggi dalam tiga dari unit-unit vegetasi yang dibedakan oleh Tüxen, yaitu dua dalam subasosiasi dari asosiasi *Arrhenatherum elatioris* (komunitas No. 10 dan 11 dalam Tabel 9.10) dan di “varian Jerman Barat Laut” dari asosiasi *Molinietum caricetosum tomentosae* (komunitas No. 12). Yang terakhir ini serupa sekali dengan *Arrhenatherum* dan barangkali lebih baik bila digabung dengan asosiasi ini ketimbang dengan ara-ara lembap.

Dapat dicatat terutama asosiasi ini (No. 12 dalam Tabel 9.10) menunjukkan kesamaan yang paling besar dengan unit C dalam Tabel 9.9. Kesamaan ini bukan kebetulan, melainkan mencerminkan kesamaan habitat. Releve-releve Tüxen dibuat di daerah bukit di Hannover Selatan dan zona batas utaranya. Iklim di sini

## Klasifikasi Vegetasi dengan Pembandingan Tabel

boleh dikatakan iklim kontinental dan tanahnya berkapur. Dua kondisi tersebut berlaku juga untuk lahan rendah Danube di sebelah selatan Ulm. Sebuah titik kesamaan adalah kenyataan bahwa kedua tipe ara-ara *Cirsium* di utara dan selatan berasal dari komunitas *Molinetum* (ara-ara serasah *Molinia coerulea*) melalui pemupukan dan dua kali pemotongan setiap tahun.

Dibandingkan dengan empat jenis pertama dari kelompok d (Tabel 9.10), jenis-jenis lainnya dalam kelompok yang sama mempunyai sebaran yang lebih luas. *Anthriscus silvestris* ditemukan di berbagai lokasi yang kaya akan nitrogren (komunitas 42, 43, 44 dalam Tabel 9.10). Jenis ini juga menginvasi ara-ara lembap yang banyak dipupuk dan, misalnya, mempunyai konstansi yang mencapai 80% dalam sebuah subasosiasi dari asosiasi *Cirsium oleraceum*-*Angelica silvestris* (urutan No. 15 dalam Tabel 9.10) yang terdapat dekat sungai. Oleh karena itu, jenis ini hanya dapat dianggap sebagai jenis yang berasosiasi-baik dalam berbagai ara-ara *Arrhenatherum*.

*Heracleum*, *Trisetum*, dan *Galium mollugo* terdapat di kawasan pegunungan pada elevasi lebih tinggi ketimbang *Arrhenatherum*, *Crepis*, *Tragopogon*, dan *Pastinaca*. Oleh karena itu, yang pertama hanya punya makna lokal bagi ara-ara *Trisetum* (urutan No. 7–9 dalam Tabel 9.10), bila unit-unit ini dianggap sebagai suatu asosiasi yang berbeda dari asosiasi *Arrhenatherum* (No. 10 dan 11), *Heracleum* dan *Trisetum* dapat dianggap sebagai jenis penciri yang berasosiasi-kuat dari sebuah aliansi (*Arrhenatherion*) (No. 7–12 dalam Tabel 9.10) dari ara-ara *Trisetum* dan *Arrhenatherum*. *Galium mollugo* hanya dapat dianggap sebagai jenis penciri yang berasosiasi-baik dari aliansi ini, karena jenis-jenis ini terdapat pula dalam beberapa asosiasi lain.

Amplitudo yang lebih besar ditunjukkan oleh kelompok jenis e (Tabel 9.10). *Chrysanthemum*, *Veronica chamaedrys*, *Daucus*, dan *Bellis* ditemukan di semua ara-ara dan padang penggembalaan yang dipupuk dan yang tidak kering dan juga tidak lembap. Jenis ini mencapai konstansi tertinggi dalam tipe komunitas ara-ara dan padang penggembalaan yang segar dan yang dipupuk secara teratur (urutan No. 4–12 dalam Tabel 9.10). Oleh karena itu, kelompok jenis ini dapat dianggap sebagai jenis penciri yang berasosiasi-kuat dari sebuah ordo (*Arrhenatheretalia*), yang mencakup aliansi ara-ara segar yang secara teratur dipupuk (urutan No. 7–12) dan aliansi padang penggembalaan yang dipupuk secara teratur (urutan No. 4–6). *Trifolium repens* dan *Lolium perene* dapat dianggap sebagai jenis yang berasosiasi-baik dari aliansi yang disebut terakhir, karena jenis ini, yang menurut

konstansinya, menunjukkan optimum yang pasti dalam padang penggembalaan yang dipupuk secara teratur, meskipun mempunyai sebaran yang jauh lebih luas.

Amplitudo kelompok f, yang hanya terdiri atas tiga jenis dalam Tabel 9.10, bahkan lebih besar lagi. Sebaran serupa juga ditunjukkan oleh *Holcus lanatus* dan *Alopecurus pratensis* dalam kelompok b. Kelima jenis ini dapat dianggap sebagai jenis penciri dari kelas padang rumput yang ditanami atau dikelola untuk pertanian (*Molinio-Arrhenatheretea*, urutan No. 4-20). Di antara jenis yang ditunjukkan dalam Tabel 9.10. *Festuca pratensis* dan *Alopecurus pratensis* khusus dalam kelas ini, sedangkan yang lain hanya berasosiasi-baik.

Kelompok g dalam Tabel 9.10 menyajikan tiga contoh jenis, yang hadir dalam banyak sekali komunitas. Oleh karena itu, jenis-jenis ini dianggap sebagai jenis yang berasosiasi secara kabur dengan komunitas rumput. Meskipun demikian, jenis ini bukan **ubikis** (*ubiquist*) atau terdapat di mana-mana dalam arti yang sebenarnya, karena jenis ini jarang terdapat, misalnya, dalam hutan dan pada kebanyakan tanah basah. Jenis seperti itu biasanya digolongkan sebagai **penyerta** (*companion*) dalam tabel-tabel fitososiologi, yang membentuk kelompok jenis final yang sangat heterogen.

Tabel 9.10 telah dibahas dengan rinci untuk memberikan gambaran tentang derajat kepastian sehingga orang dapat mengenal jenis penciri dan komunitas abstrak dari sebuah perangkat kategori. Metode yang sama tentang perbandingan dengan tabulasi, yang dijelaskan dari beberapa releve komunitas ara-ara, digunakan untuk pemeringkatan komunitas-komunitas abstrak yang semula belum diberi peringkat menjadi urutan hierarki tertentu dari unit-unit vegetasi.

## 9.6 PENENTUAN ASOSIASI TUMBUHAN DAN JENIS PENCIRI

Pengelompokan unit-unit vegetasi menurut hierarki merupakan hal yang relatif karena bergantung kepada delimitasi unit-unit dasar, yaitu asosiasi. Misalnya, berbagai ara-ara *Arrhenatherum* dapat membentuk aliansi bukan asosiasi—dalam hal ini aliansi akan mencakup beberapa asosiasi lokal—kemudian aliansi yang sekarang, termasuk ara-ara *Trisetum* dan ara-ara *Arrhenatherum*, akan menjadi ordo. Jika sekiranya ara-ara *Trisetum* dan ara-ara *Arrhenatherum* digabung menjadi satu asosiasi—dengan pertimbangan bahwa ara-ara *Trisetum* hampir tidak mempunyai jenis penciri tersendiri di bagian bawah zona vegetasi pegunungan—kemudian unit-unit hierarki yang lebih tinggi juga akan turun satu

## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

langkah. Kedua perlakuan tersebut dapat dipertahankan seperti yang digunakan dalam bagian sebelum ini. Perlakuan-perlakuan ini semata-mata merupakan pertimbangan pribadi.

Suatu kebiasaan dalam evaluasi pertama vegetasi suatu kawasan untuk membedakan hanya beberapa asosiasi yang agak luas cakupannya. Ini dapat diidentifikasi dengan banyak jenis penciri, yang menyajikan bagan agak kasar yang dapat dibuat secara cepat tentang penutup vegetasi kawasan seperti itu. Tetapi, dengan bertambahnya pengetahuan, timbul keperluan untuk memecah asosiasi semula sehingga akan diperoleh pertelaan yang memadai tentang berbagai variasi habitat dan lokasi geografi. Urutan unit-unit: asosiasi-subasosiasi-varian-fasies akan segera tidak mampu melingkup variasi yang sangat banyak ke dalam satu sistem. Cara yang paling banyak digunakan untuk menangani masalah ini adalah mengangkat urutan unit-unit asosiasi menjadi aliansi, yang pada gilirannya menjadi ordo dan akhirnya kelas. Dengan cara ini, asosiasi dan subunit baru dapat ditampung. Kecenderungan ini akan dengan mudah terlihat bila kita bandingkan karya-karya Braun-Blanquet, Klika, Tüxen, Oberdorfer (atau lainnya yang termasuk ke dalam ajaran yang sama), yang ditulis pada dekade ketiga, keempat, kelima, dan keenam pada abad ini. Akibat perkembangan ini adalah penyempitan konsep asosiasi yang progresif. Peningkatan jumlah asosiasi sejalan dengan penurunan jumlah jenis penciri yang masih tetap bermanfaat bagi identifikasi asosiasi-asosiasi kecil ini. Jumlah jenis dengan amplitudo sempit terbatas di semua kawasan. Misalnya, banyak asosiasi Tüxen (1950) tidak mempunyai jenis penciri sendiri. Asosiasi-asosiasi ini dikenal dengan jenis penciri aliansi yang digabungkan dengan jenis pembeda.

Asosiasi-asosiasi kecil seperti itu memiliki banyak keuntungan bagi pakar, seperti pembagian jenis yang lebih halus mempunyai keuntungan bagi taksonomiwan yang mendalami sebuah kelompok khusus. Akan tetapi, klasifikasi seperti itu menjadi sangat sukar dipahami sebagai akibat pemecahan yang terlalu banyak. Sukar sekali terutama mengikuti perubahan yang berulang-ulang dan definisi yang diperbaharui dari asosiasi, aliansi, atau unit-unit yang lebih tinggi setelah didefinisikan sebelumnya, karena perubahan ini memerlukan evaluasi ulang jenis-jenis yang digunakan untuk pencirian.

Alasan lain untuk mengevaluasi ulang berbagai unit-unit hierarki terkait dengan perluasan studi vegetasi yang mencakup kawasan yang lebih luas. Selama peneliti hanya membatasi diri kepada kawasan geografi yang kecil, ia dapat menggunakan banyak jenis penciri dan jenis pembeda yang mempunyai nilai



diagnostik secara lokal. Dengan kisaran geografi yang lebih luas, akan ditemukan lebih banyak jenis yang menunjukkan korelasi yang kuat dengan asosiasi tertentu secara lokal, tetapi jenis-jenis ini ditemukan juga dalam asosiasi lain yang tidak terdapat dalam kawasan geografi yang lebih kecil.

Sebagai contoh, di Jerman Barat Laut *Bromus erectus* hanya ditemukan terbatas pada aliansi *Mesobromion*, tetapi di Jerman Barat Daya *Bromus erectus* terdapat dalam aliansi ini dan juga dalam aliansi *Xerobromion*. Aliansi yang terakhir ini mempunyai jenis penciri yang khas dan menempati habitat-habitat yang lebih kering dan lebih panas ketimbang di Jerman Barat Laut yang beriklim subatlantik. Bahkan terdapat juga banyak komunitas yang secara floristik berbeda tetapi dengan *Bromus erectus* sebagai komponen utama di Eropa Tengah bagian selatan. Karena jumlahnya besar, komunitas-komunitas ini dikelompokkan ke dalam ordo khusus (*Brometalia*).

Berikut ini contoh lain mengenai hal seperti di atas. Kelompok *Cirsium*, yang terdiri atas *Cirsium oleraceum*, *Deschampsia caespitosa*, *Angelica silvestris*, dan lain-lain (Tabel 9.9), dapat dianggap jenis penciri yang berasosiasi-kuat di ara-ara lembap di kawasan geografi terbatas di Wurtenberg Selatan. Di sini ara-ara lembap ini dikelompokkan menjadi satu asosiasi, yaitu asosiasi *Cirsium oleraceum*. Jenis-jenis kelompok *Cirsium* tersebar sebagai jenis pembeda hanya sampai segmen terbasah dari ara-ara *Arrhenatherum* yang lebih kering dan tidak terdapat di tipe padang rumput lain, karena di kawasan ini hanya ada habitat ara-ara lembap, berkemasaman netral-sampai-lemah, dan dipupuk.

Namun, bila kita tinjau sebuah kawasan geografi yang lebih luas yang mencakup ara-ara yang tidak dipupuk, sangat masam dan lembap, misalnya dengan melebarkan klasifikasi vegetasi ke dataran rendah Rhine di Baden Utara, akan terlihat bahwa semua jenis dari kelompok *Cirsium* ditemukan juga di ara-ara *Cirsium oleraceum*. (*Moliniaetum*) *Cirsium oleraceum* masih dapat dianggap sebagai sebuah jenis penciri yang berasosisasi-baik dari asosiasi *Cirsium oleraceum* dengan *Arrhenatherum* yang disebut di atas. Tetapi, anggota-anggota kelompok lain, *Filipendula ulmaria*, *Descharnpsia caespitosa*, *Angelico silvestris*, dan banyak lainnya sama-sama umum terdapat dalam ara-ara *Molinia*. Sebagian besar jenis ini dapat dianggap sebagai jenis penciri bagi ara-ara *Molinia* maupun ara-ara *Cirsium oleraceum*. Oleh karena itu, mereka menjadi bermanfaat sebagai jenis penciri sebuah aliansi bila kawasan geografi studi vegetasi diperluas.

Jika kawasan geografi diperluas lebih lanjut sehingga meliputi kawasan dengan pradominan tanah masam, di mana tanah yang lebih kering pun masam

## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

(misalnya, Jerman Barat Laut), akan tampak tipe-tipe lain dari ara-ara *Cirsium oleraceum* dan ara-ara *Molinia*. Di kawasan ini, tipe-tipe *Cirsium oleraceum* dan *Molinia* dapat dipecah lebih lanjut menjadi beberapa unit dalam kaitan dengan peningkatan kelembapan tanah. Oleh karena itu, tampak akan bermanfaat untuk membedakan beberapa asosiasi dalam masing-masing tipe ara-ara. Dengan demikian, semua ara-ara yang dipupuk dikelompokkan menjadi sebuah aliansi (yang sekarang disebut *Bromion racemosi*) dan ara-ara *Molinia* dikelompokkan juga menjadi aliansi lain, yaitu *Molinion*. Sebagai konsekuensinya peringkat *Angelico silvestris*, *Deschampsia caespitosa*, dan jenis lain diangkat menjadi jenis penciri dari sebuah ordo (*Molinietalia*).

Akhirnya perlu dikemukakan bahwa amplitudo *Deschampsia caespitosa* melebar ke luar dari kerangka ordo di Eropa Timur dan Tenggara, di mana jenis ini tidak hanya terdapat di ara-ara, melainkan juga di padang penggembalaan pada lahan-basah dan di hutan. Dengan demikian, jenis ini sama sekali tidak dapat disebut sebuah jenis penciri dari sebuah unit vegetasi tunggal. Oleh karena itu, sebuah jenis seperti *Deschampsia caespitosa* dapat dianggap sebagai jenis yang sedang menuju jenis penciri untuk sebuah asosiasi, sebuah aliansi, sebuah ordo, atau sebuah kelas, atau dapat juga nilai diagnostik jenis ini hilang sama sekali. Ini hanya bergantung kepada luas kawasan geografi yang dipertimbangkan dan kepada status pengetahuan mutakhir. Contoh-contoh serupa dapat disimak untuk kawasan geografi lain dan juga untuk semua formasi, khususnya hutan. Klasifikasi vegetasi yang sangat jelas untuk sebuah kawasan geografi yang relatif kecil, yang unit-unit vegetasinya dapat secara floristik didefinisikan dengan jelas, akan menjadi semakin kabur bila diterapkan secara berturut-turut kepada kawasan yang lebih luas.

Sebuah kompromi untuk dilema ini ditemukan oleh para penulis dengan menyarankan untuk kembali melihat titik awal penelitian fitososiologi, yaitu dengan membatasi secara geografi validitas diagnostik jenis penciri. Dengan landasan ini, jenis penciri dapat dibedakan menjadi tipe-tipe berikut:

1. Jenis penciri lokal; dengan kisaran validitas diagnostik yang sangat terbatas (misalnya, dapat diterapkan di sebuah lembah pegunungan, sebuah pulau, atau kawasan sekitar sebuah kampung).
2. Jenis penciri wilayah; yang mempunyai validitas untuk kawasan yang lebih luas dan ditentukan secara alami (misalnya, **pasu** (*basin*) Vienna, lahan rendah Jerman Barat laut, atau Irlandia).

3. Jenis penciri mutlak, yang mempunyai validitas diagnostik tanpa batasan geografi.

Menurut status pengetahuan kita sekarang, tipe terakhir ini praktis tidak ada. Beberapa pengecualian yang jarang adalah jenis endemik, yang secara geografi terbatas atau tumbuhan yang secara ekologi sangat terkhususkan pada habitat-habitat ekstrem, seperti jenis alpin tertentu atau jenis pada tanah serpentin.

Pembatasan lokal atau wilayah konsep jenis penciri membawa kepada tiga konsekuensi yang tidak diinginkan. Pertama kita menemukan sejumlah besar unit-unit dasar dengan nama berbeda, meskipun banyak di antaranya sangat mirip. Selain itu juga jenis yang sama digunakan sebagai jenis penciri dalam beberapa unit (Tüxen 1950a). Jadi, pemahaman sinoptik unit-unit vegetasi seperti itu menjadi lebih sukar ketimbang pemahaman melalui pembuatan asosiasi kecil yang banyak. Kedua, ternyata tidak mungkin, terutama pada lahan datar yang luas, untuk menarik secara objektif batas antara sebaran geografi berbagai asosiasi, sehingga batas harus diputuskan sesukanya. Kesimpulan ketiga, mempunyai bobot yang tinggi—unit-unit lokal dan wilayah tidak lagi dapat dinyatakan sebagai unit-unit dasar yang dapat diterapkan secara universal. Padahal, menurut konsep asal Braun-Blanquet, asosiasi dibuat untuk maksud tersebut.

Benar-benar dipertanyakan apakah mungkin dalam ilmu vegetasi mengenal unit-unit dasar yang ditentukan secara tepat dan diterima secara universal seperti konsep jenis dalam taksonomi. Jawaban untuk pertanyaan ini harus dibuat negatif, karena sifat-sifat komunitas tumbuhan tidak seperti organisme (*non-organismic*) seperti telah dibahas di muka. Kesamaan antarkomunitas kurang-lebih berubah perlahan sepanjang landaian geografi. Sementara kesamaan dan perbedaan antarkomunitas dapat dibuat untuk kawasan geografi terbatas, tidaklah mungkin untuk berbuat demikian dalam bentuk hierarki super-regional yang dapat diterapkan secara universal (lihat juga Walter & Walter 1953; Scamoni 1954)

Fenomena penting lain adalah penemuan-penemuan yang diperoleh dari studi transplantasi jenis yang mempunyai sebaran luas. Misalnya, studi genekologi klasik tentang *Achillea borealis* di Kalifornia oleh Clausen, Keck & Hiesey (1948) menunjukkan bahwa jenis ini dapat dipisahkan menjadi ras-ras ekologi atau ekotipe. Perbedaan-perbedaan suhu dan curah hujan musiman di lokasi geografi berbeda di Kalifornia dimanifestasikan secara genetika dalam populasi yang secara fisiologi dan morfologi sangat berbeda. Sangat mungkin bahwa jenis yang secara geografis tersebar luas, seperti *Bromus erectus* dan *Deschampsia caespitosa* terdiri

## Klasifikasi Vegetasi dengan Perbandingan Tabel

atas beberapa ras genetika dengan adaptasi terhadap lingkungan yang agak berbeda.

Oleh karena itu, dapat dikemukakan bahwa tiga observasi penting yang bertentangan dengan validitas konsep jenis penciri seperti dimaksudkan semula:

1. Spektrum habitat-habitat yang ada bervariasi dari satu kawasan geografi yang satu ke yang lain, terutama di kawasan dengan habitat yang telah dimodifikasi oleh kegiatan pertanian, seperti pemupukan komunitas-komunitas ara-ara secara teratur. Ini dapat membuka relung-relung baru, atau menghilangkan yang lain, bagi jenis yang terdapat di kawasan geografi yang berbeda.
2. Jenis yang sama berasosiasi dengan pesaing-pesaing berbeda dari kawasan geografi yang satu ke yang berikutnya. Ini dapat mengakibatkan hubungan lingkungan yang berbeda bagi jenis yang sama.
3. Kawasan-kawasan geografi berbeda terkait dengan variasi iklim makro yang mungkin dimanifestasikan secara genetik dalam jenis yang sama. Ini akan memisahkan jenis yang sama menjadi ras ekologi atau ekotipe dengan adaptasi fisiologi yang berbeda.

Tiga faktor tersebut akan beraksi bersama yang mengakibatkan hubungan sosiologi berbeda bagi setiap jenis yang mempunyai sebaran geografi yang luas.

### **9.7 NILAI KONSEP ALIANSI**

Untuk tujuan orientasi akan lebih bermanfaat dalam membedakan unit-unit vegetasi yang relatif luas dan mudah diidentifikasi ketimbang banyak asosiasi yang bertumpang-tindih dan didefinisikan secara sempit. Berdasarkan kondisi fitososiologi Eropa dewasa ini, unit-unit vegetasi yang relatif luas adalah berbagai aliansi menurut sistem Braun-Blanquet. Aliansi-aliansi ini kira-kira, tidak hanya sama dengan konsep asosiasi awal ajaran Braun-Blanquet, tetapi juga dengan konsep tipe menurut para penulis terdahulu, misalnya “tipe ara-ara” Stebler dan Schröter, “tipe hutan” Cajander, dan formasi ekologi Warming. Beberapa asosiasi klimaks Clements juga mempunyai isi yang sebanding.

Konsep yang paralel menurut berbagai ekologiwan ini bukan kebetulan, karena aliansi-aliansi ini pada umumnya adalah unit-unit vegetasi yang terdapat berulang-ulang dalam bentuk yang sama di berbagai kawasan. Mereka ini biasanya secara struktural dan fisiognomi sangat berbeda. Habitatnya biasanya dapat

dikenal terlepas dari penutup vegetasi dan tanpa pengukuran khusus, Selain itu, secara floristik mereka juga dapat dipisahkan baik dengan sejumlah jenis pembeda maupun beberapa jenis penciri yang mempunyai makna diagnostik dalam kawasan geografi yang luas. Oleh karena itu, mereka memenuhi sebagian besar persyaratan yang semula dibuat untuk konsep asosiasi dalam kongres Botani di Brussel pada tahun 1910 (lihat Bab 8.9.2). Sebagai contoh dapat disebutkan beberapa aliansi, seperti ara-ara *Arrhenatherum* (*Arrhenatherion*), komunitas rumput air *Phragmites* (*Phragmiton*) komunitas hutan *Alnus* lembap (*Alnus glutinosae*), dan komunitas lahan rawa *Salicornia* terofit (*Salicornia europaeae*). Dalam skala ukuran aliansi, ini sebanding dengan konsep tipe penutup di Amerika Utara, meskipun aliansi tidak selalu berupa komunitas-dominansi. Misalnya, aliansi *Arrhenatherion* tidak menyiratkan kehadiran *Arrhenatherum elatius* sebagai jenis dominan dalam setiap releve (lihat Tabel 9.7). Oleh karena itu, aliansi lebih merupakan konsep kualitatif ketimbang konsep tipe vegetasi yang kuantitatif.

Berbagai aliansi mudah diidentifikasi dengan beberapa kriteria. Aliansi ini adalah unit-unit alami. Kami tidak bermaksud membuat aliansi sebagai unit dasar yang kaku, tetapi sebagai titik-titik orientasi. Dengan cara itu aliansi-aliansi ini dapat digunakan untuk membangun berbagai hubungan dengan berbagai asosiasi wilayah yang sudah ada dan telah dipertelakan dan juga dengan sosiasi yang juga banyak sekali. Selain itu juga unit-unit vegetasi yang berasal dari berbagai studi lokal, yang status sistematiknya belum diputuskan, dapat dikaitkan dengan aliansi. Selanjutnya, ada juga manfaat untuk mempertahankan status sistematik yang belum ditentukan bagi berbagai komunitas abstrak yang dibangun dari studi intensif vegetasi lokal. Meskipun demikian, bagan hierarki akan sangat penting bila pengembangan sebuah sinopsis vegetasi dengan skala geografi yang sangat luas merupakan tujuan.

# 10

## PERLAKUAN MATEMATIKA DATA VEGETASI

Pendekatan matematika untuk pengelompokan dan pengurutan cuplikan-cuplikan vegetasi telah banyak mendapat perhatian dengan anggapan bahwa data yang disintesis secara matematika akan dapat disajikan secara lebih objektif. Pengertian lebih objektif dalam konteks ini dapat diartikan bahwa langkah-langkah analisis dan sintesis data yang dibuat secara matematika akan dapat diulang dengan pasti oleh siapa saja yang mengikuti prosedur yang telah dirumuskan.

Oleh karena itu, berbagai metode matematika sebagai pendekatan yang objektif mempunyai nilai khusus bagi pemula atau orang-orang yang memiliki pengetahuan terbatas tentang data. Ini berlaku juga bagi para peneliti yang baru menyelesaikan studi lapangan yang menghasilkan sejumlah cuplikan vegetasi. Seorang peneliti mungkin saja mengetahui banyak tentang komposisi floristik dari cuplikan-cuplikannya, sebaran, dan hubungan ekologi berbagai jenis dalam cuplikan-cuplikan tersebut. Ia selanjutnya dapat saja mengartikan datanya lebih banyak dengan teknik-teknik sintesis yang tidak menggunakan pendekatan matematika, seperti telah diuraikan dalam bab sebelum ini. Namun, dengan perlakuan matematika, penemuannya akan mempunyai landasan yang lebih terpercaya. Pendekatan ini akan menggali lebih dalam tentang hubungan kesamaan dan dapat membantu peneliti membuat pertimbangan-pertimbangan yang lebih baik atau dapat mencegah terjadinya kesalahan dalam membuat pertimbangan.

Sebagai contoh, pengurutan atau ordinasi jenis dan tegakan merupakan suatu langkah keharusan bagi klasifikasi floristik yang baik. Teknik-teknik pengaturan ini berkisar dari pemeringkatan kasar hingga ke faktor analisis yang sangat canggih.

Penelaahan lebih mendalam tentang berbagai metode matematika dan penerapannya, terutama metode-metode yang lebih rumit, menunjukkan bahwa pengenalan macam-macam vegetasi yang akan diproses sangat diperlukan

agar dapat menghasilkan interpretasi yang masuk akal. Oleh karena itu, pada umumnya, penerapan berbagai metode matematika memerlukan sejumlah keputusan dan penyesuaian. Keputusan dan penyesuaian selalu melibatkan pertimbangan, dan setiap pertimbangan merupakan tindakan yang subjektif.

Buku ini tidak bertujuan untuk menyajikan teknik-teknik matematika yang paling mutakhir. Bab-bab berikut ini hanya merupakan suatu pendahuluan dan hanya akan membahas pendekatan-pendekatan yang sederhana dan banyak digunakan.

### 10.1 KOEFISIEN KESAMAAN KOMUNITAS TUMBUHAN

Telah dikemukakan dalam Bab 9.5 dan 9.6 bahwa pengelompokan komunitas menjadi sebuah asosiasi dan penentuan kategori unit untuk komunitas abstrak dibuat berdasarkan pertimbangan peneliti. Namun, peneliti yang berbeda mungkin saja mempunyai pendapat yang berbeda pula tentang derajat kesamaan yang dipakai untuk menggabungkan berbagai komunitas menjadi sebuah asosiasi. Untuk membuat derajat kesamaan atau ketidaksamaan yang dapat diterima secara umum sukar, tetapi kesamaan dapat diekspresikan secara matematika dan batas-batasnya dapat ditentukan menurut landasan matematika juga. Berbagai ekspresi matematika kesamaan komunitas disebut sebagai indeks kesamaan atau koefisien komunitas.

#### 10.1.1. INDEKS KESAMAAN MENURUT JACCARD

Rumus matematika kesamaan komunitas tumbuhan yang sangat sederhana adalah koefisien komunitas Jaccard (1901; 1912; 1928). Koefisien ini dibuat berdasarkan hubungan **kehadiran** (*presence*) dan **ketidakhadiran** (*absence*) antara jumlah **jenis bersama** (*common species*) yang terdapat dalam dua area (atau komunitas) dan jumlah semua jenis. Oleh karena itu, koefisien ini mengekspresikan rasio jenis bersama dengan semua jenis yang terdapat dalam dua segmen vegetasi. Jadi,

$$\frac{\text{jenis bersama}}{\text{semua jenis}} \times 100$$

Semula koefisien ini digunakan hanya untuk membandingkan flora kawasan yang luas. Tetapi, kemudian koefisien ini dapat digunakan juga untuk membandingkan releve vegetasi atau cuplikan tegakan. Selanjutnya koefisien komunitas dapat diterapkan dalam dua cara. Koefisien komunitas dapat digunakan untuk membandingkan dua komunitas hanya berdasarkan kehadiran

dan ketidakhadiran jenis bersama dan jenis khas. Koefisien ini dapat diperluas juga dengan menggunakan kuantitas setiap jenis. Modifikasi kuantitatif ini pertama kali diterapkan oleh Gleason (1920).

Untuk penghitungan koefisien ini, kita akan menggunakan dua releve pertama yang direkam dalam Tabel 9.7 (nomor urut 1 dan 2, releve 4 dan 10).

Koefisien komunitas paling sederhana hanya melibatkan kehadiran jenis dalam dua releve. Konsep kehadiran tidak melibatkan kuantitas. **Koefisien komunitas-berbasis-kehadiran** (*presence-community coefficient*) atau **indeks kesamaan** (IS) (*index of similarity*) sama dengan jumlah jenis bersama hadir di dua petak (*common species*), yang dinyatakan dengan persentase jumlah total jenis hadir dalam dua petak. IS dihitung dengan rumus (Indeks J = Jaccard):

$$IS_J = \frac{c}{a + b + c} \times 100$$

$c$  adalah jumlah jenis bersama,  $a$  adalah jumlah jenis khas dalam releve pertama, dan  $b$  jumlah jenis khas dalam releve kedua. Nilai-nilai ini dapat diperoleh dengan menghitung jenis dalam tabel. Dalam contoh kita, indeks kesamaan berbasis-kehadiran adalah:

$$IS_J = \frac{18}{10 + 11 + 18} \times 100 = 46\%$$

Oleh karena itu, dengan memberikan bobot sama kepada kehadiran dan ketidakhadiran semua jenis, analisis dua releve pertama tidak memberikan hasil seperti diasumsikan dari pandangan pertama.

Koefisien komunitas-berbasis-kehadiran Jaccard sering ditulis sebagai berikut:

$$IS_J = \frac{c}{A + B - c} \times 100$$

Dalam rumus ini  $A$  menyatakan jumlah total semua jenis dalam releve A dan  $B$  jumlah total dalam releve B, sedangkan  $c$  adalah jumlah jenis bersama seperti dalam rumus pertama. Diterapkan pada data yang sama (releve 1 dan 2, Tabel 9.7) hasil yang diperoleh sama:

$$IS_J = \frac{18}{28 + 29 - 18} \times 100 = 46\%$$



Meskipun demikian, bila rumus pertama digunakan penghitungan jenis khas dalam masing-masing releve lebih cepat dan sederhana.

### 10.1.2 INDEKS KESAMAAN MENURUT SØRENSEN

Beberapa koefisien komunitas atau indeks kesamaan lain telah dikembangkan, tetapi sebagian besar sangat mirip atau dikembangkan dari koefisien Jaccard. Satu dari indeks-indeks kesamaan yang telah digunakan secara luas adalah indeks yang dibuat Sørensen (1948) (Indeks S = Sørensen) sebagai berikut:

$$IS_s = \frac{c}{1/2(A+B)} \times 100 \text{ atau } \frac{2c}{(A+B)} \times 100$$

Di sini  $c$  = jumlah jenis bersama dalam dua releve

$A$  = jumlah total jenis dalam releve A

$B$  = jumlah total jenis dalam releve B

Bila diterapkan kepada data yang sama (releve 1 dan 2 Tabel 9.7.), koefisien komunitas-kehadiran Sørensen menghasilkan kesamaan lebih besar dibandingkan dengan koefisien Jaccard:

$$IS_s = \frac{18 \times 2}{28 + 29} \times 100 = 63\%$$

Sørensen menerangkan bahwa dalam indeks Jaccard baik pembilang (*numerator*) maupun angka sebutan (*denominator*) berubah bersama-sama, sedangkan dalam rumus Sørensen angka sebutan tidak bergantung kepada pembilang. Ia menyatakan bahwa secara teoritis setiap jenis mempunyai kesempatan sama untuk hadir dalam dua tempat, yang berarti bahwa sembarang jenis dapat hadir baik dalam dua komunitas yang dibandingkan maupun hanya hadir di satu komunitas. Jadi, ekspresi  $(A+B)/2$  atau  $1/2 (A+B)$  merupakan jumlah **keterdapatan** (*occurrences*) bersama secara teoritis yang dapat direalisasikan, sedangkan pembilang  $c$  merupakan ekspresi keterdapatan bersama yang nyata. Oleh karena itu, indeks Sørensen mengekspresikan keterdapatan jenis bersama yang benar-benar diukur dibandingkan dengan kemungkinan keterdapatan jenis secara teoritis. Indeks ini mungkin secara matematika lebih memuaskan karena melibatkan pertimbangan probabilitas statistik.

Perbedaan antara indeks Jaccard ( $IS_j$ ) dan indeks Sørensen ( $IS_s$ ) dapat juga diterangkan bahwa yang pertama sebagai pengukuran perbandingan jenis bersama (c) terhadap jumlah total jenis dalam dua cuplikan dan yang kedua pengukuran perbandingan jenis bersama terhadap jumlah jenis rerata dalam dua cuplikan, yaitu:

$$IS_j = \frac{c}{\text{jumlah total spesies}} \times 100$$

$$IS_s = \frac{c}{\text{jumlah spesies rata-rata}} \times 100$$

Ini juga menunjukkan bahwa indeks Sørensen, dibandingkan dengan Jaccard, memberi bobot lebih besar kepada jenis yang terdapat dalam dua cuplikan ketimbang jenis yang khas dalam masing-masing cuplikan.

### 10.1.3 HUBUNGAN KESAMAAN YANG MELIBATKAN KUANTITAS JENIS

Kesamaan dua komunitas tidak hanya fungsi jumlah jenis bersama dan jenis khas, tetapi juga kuantitas masing-masing jenis yang hadir. Tentu saja, konsep kesamaan dapat diperluas untuk mencakup komposisi bentuk-hidup dan kriteria lain. Ini bergantung kepada tujuan.

Indeks yang sama dapat digunakan dengan memasukkan kuantitas masing-masing jenis. Misalnya, dengan memasukkan persen biomassa tumbuhan (M) masing-masing jenis (seperti direkam dalam Tabel 9.2 dan 9.7) ke dalam koefisien komunitas Jaccard, rumus kesamaan, seperti telah dimodifikasi oleh Ellenberg (1956) ( $\text{Indeks}_E = \text{Ellenberg}$ ), dapat ditulis sebagai berikut:

$$IS_E = \frac{Mc : 2}{Ma + Mb + Mc : 2} \times 100$$

Di sini  $Mc$  adalah jumlah nilai persen biomassa jenis bersama di dua tegakan,  $Ma$  adalah jumlah nilai persen biomassa jenis yang hanya terdapat di tegakan pertama, dan  $Mb$  adalah nilai persen biomassa jenis yang hanya terdapat di tegakan kedua. (Jenis yang diberi skala + diberi nilai 0,1%). Penerapan indeks Jaccard yang telah dimodifikasi menjadi rumus kuantitatif terhadap contoh kita (releve 1 dan 2 Tabel 9.7) menghasilkan kesamaan yang lebih besar antara dua komunitas pertama. Tabel 10.1. menunjukkan contoh lengkap penghitungan.  $IS_E$  antara dua releve adalah 79%, karena beberapa jenis bersama mempunyai nilai persentase biomassa tinggi.

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

**Tabel 10.1** Penghitungan indeks kesamaan Jaccard berdasarkan persen biomassa. Contoh dua cuplikan vegetasi (releve 4 dan 10, Tabel 9.7). Penjelasan lebih lanjut dalam teks.

JENIS	Ma	Mc		Mb
<i>Bromus erectus</i>		74	21	
<i>Scabiosa columbaria</i>		1	0,1	
<i>Thymus serpyllum</i>		0,1	2	
<i>Salvia pratensis</i>				5
<i>Koeleria pyrumidata</i>		2	3	
<i>Festuca ovina</i>				2
<i>Campanula glomerata</i>	1			
<i>Viola hirta</i>				3
<i>Briza media</i>				1
<i>Linum catharticum</i>	0,1			
<i>Arrhenatherum elatius</i>		2	8	
<i>Dactylis glomerata</i>		5	6	
<i>Galium mollugo</i>		1	12	
<i>Poa pratensis</i>		5	8	
<i>Plantago lanceolata</i>		1	1	
<i>Festuca pratensis</i>				2
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>		0,1	5	
<i>Ranunculus acer</i>				3
<i>Veronica chamaedrys</i>		0,1	1	
<i>Achillea millefolium</i>		1	8	
<i>Daucus carota</i>		0,1	1	
<i>Rumex acetosa</i>	0,1			
<i>Taraxacum officinale</i>		0,1	0,1	
<i>Trifolium pratense</i>	0,1			
<i>Medicago lupulina</i>		0,1	0,1	
<i>Helictotrichon pubescens</i>				0,1
<i>Plantago media</i>	0,1			
<i>Campanula rotundifolia</i>		1	1	
<i>Festuca rubra</i>		2	4	
<i>Cerastium caespitosum</i>	0,1			
<i>Prunella vulgaris</i>				0,1
<i>Bellis perennis</i>				1
<i>Vicia sepium</i>		0,1	0,1	
<i>Carex flacca</i>	3			
<i>Vicia cracca</i>				0,1
<i>Dianthus superbus</i>	1			
<i>Galium boreale</i>	0,1			
<i>Potentilla reptans</i>				1
<i>Pimpinella saxifraga</i>	0,1			
Total	5,7	177,1		18,3
Mc:2		88,6		

Perhitungan menurut rumus:

$$IS_E = \frac{88,6}{5,7 + 18,3 + 88,6} \times 100 = \frac{88,6}{112,6} = 79\%$$

Jumlah nilai biomassa untuk jenis bersama yang dibagi dengan dua merupakan modifikasi yang dibuat Ellenberg (1956). Alasan untuk dibagi dua adalah bahwa jenis bersama mewakili dua perangkat nilai ketika nilai biomassa digunakan, tetapi bila digunakan kehadiran nilai-nilai tersebut hanya satu perangkat.

Gleason (1920) menerapkan langsung nilai kuantitatif kepada rumus Jaccard tanpa modifikasi. Menurut cara Gleason, nilai contoh tersebut akan menjadi:

$$IS_G = \frac{177,1}{5,7 + 8,3 + 177,1} \times 100 = 88\%$$

Dalam cara ini bobot diberikan dua kali kepada jenis bersama dibandingkan dengan bobot untuk jenis khas.

Data kuantitatif lain dapat diperlakukan sama. Misalnya, **koefisien frekuensi kesamaan komunitas** (*frequency-coefficient of community similarity*) dapat dihitung dengan cara sama, yaitu persen biomassa diganti dengan nilai frekuensi. Untuk menentukan **koefisien penutup-kesamaan komunitas** (*cover-abundance coefficient of community*) Braun-Blanquet, pertama-tama diperlukan konversi nilai penutup-kelimpahan menjadi persentase penutup rata-rata, karena nilai skala terkait dengan kisaran persentase penutup yang tidak seragam (lihat Tabel 8.1, Bab 8.3.)

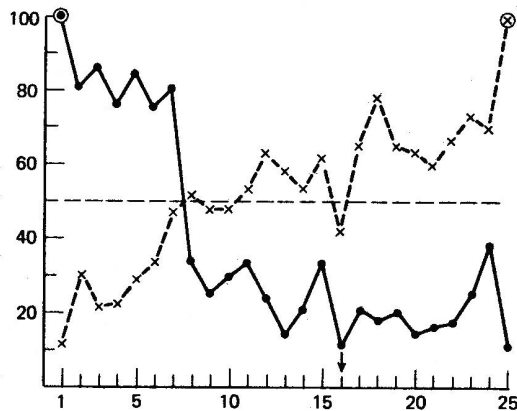
#### 10.1.4 PENERAPAN INDEKS KESAMAAN UNTUK PENGATURAN RELEVE

Koefisien komunitas atau indeks kesamaan menyajikan sarana matematika untuk mengatur releve dalam tabel berdasarkan indeks kesamaan komposisi floristik. Untuk tujuan ini releve pertama dan terakhir dalam Tabel 9.7 digunakan sebagai **releve acuan** (*reference relevé*) untuk membandingkan releve-releve lain.

Hasil perbandingan seperti itu ditunjukkan grafik dalam Gambar 10.1. Daftar jenis releve-releve nomor urut 2 sampai 7 dalam Tabel 9.7 menunjukkan kesamaan tinggi terhadap releve 1, sedangkan yang lain tidak, kesamaannya lebih kecil. Bila releve terakhir dalam Tabel 9.7 dijadikan releve acuan, tampak bahwa kecenderungannya adalah sebaliknya. Meskipun demikian, kurva menunjukkan ketidakteraturan. Nomor urut 16 misalnya, melenceng dari urutan terutama

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

karena nilai rendah. Oleh karena itu, penyingkiran releve ini (yang semula nomor urut 19) dalam Tabel 9.7 didukung oleh perhitungan tersebut. Perbaikan dalam kecenderungan kesamaan dapat diperoleh dengan penukaran posisi releve. Akan tetapi, reposisi seperti itu hanya penting bila objektifnya adalah pengordinasian tegakan secara optimal (lihat Bab 10.7)



**Gambar 10.1** Koefisien persen-biomassa (Jaccard-Ellenberg) komunitas ara-ara dari Tabel 9.7 Nilai yang terkait releve 1 digambarkan dengan garis penuh dan titik-titik serta releve 25 dinyatakan dengan garis terputus-putus dan tanda silang.

Dalam penggunaan uji matematika ini selalu penting untuk memerhatikan berbagai kemungkinan dan keterbatasan. Keuntungannya adalah evaluasi semua jenis dalam setiap cuplikan vegetasi. Akan tetapi, ini pun merupakan kerugian karena jenis dengan amplitudo sempit, yaitu jenis penciri dan jenis pembeda, diberi bobot yang sama seperti jenis yang mempunyai amplitudo besar, atau sama dengan jenis yang terdapat sementara atau kebetulan dalam komunitas.

Penggunaan metode matematika dalam ekologi vegetasi menjadi masalah bila pemilihan tegakan awal dibuat secara subjektif. Dalam hal demikian, landasan untuk menerapkan uji matematika tidak tepat. Evaluasi matematika yang pasti tidak membuat nilai-nilai awal menjadi lebih pasti. Pembaca yang tidak kritis sering terkelabui mengenai kenyataan ini.

Selanjutnya, usaha yang digunakan dalam penghitungan kesamaan kuantitatif sering kali tidak bermanfaat untuk tujuan klasifikasi, yang menekankan bahwa amplitudo atau konstansi jenis lebih penting ketimbang kesamaan floristik. Meskipun demikian, penghitungan kuantitatif sangat diperlukan untuk

ordinasi komunitas (lihat Bab 10.7), yang dalam bentuk paling sederhana adalah penderetan petak atau tegakan cuplikan secara linier menurut urutan kesamaan seperti ditunjukkan secara kasar dalam Gambar 10.1. Tentu saja keterbatasan terkait pemilihan petak awal berlaku juga di sini. Dengan ketersediaan fasilitas komputer yang semakin banyak dan canggih, penghitungan kesamaan tidak terbatas untuk dua tegakan saja, tetapi dapat dibuat untuk semua tegakan. Semua tegakan dibandingkan yang satu dengan yang lain. Misalnya, bila 25 releve dalam Tabel 9.7. dibandingkan, tidak hanya  $n-1 = 24$  yang dibandingkan terhadap masing-masing releve acuan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 10.1, tetapi releve 2, 3, 4, ..., dsb dibandingkan dengan semua releve lain. Jadi perlu dibuat  $n(n-1)/2$  perbandingan, sehingga untuk 25 releve diperlukan sebanyak 300 perbandingan.

Indeks kesamaan kuantitatif yang paling banyak digunakan untuk ordinasi adalah indeks Sørensen yang telah dimodifikasi dan diterapkan pertama kali oleh Motyka, Dobrzanski & Zawadski (1950) (Indeks  $M_o$  = Motyka):

$$IS_{M_o} = \frac{2Mw}{MA + MB} \times 100$$

$Mw$  adalah jumlah nilai kuantitatif lebih kecil dari dua jenis bersama dalam dua releve dan bukan jumlah nilai dua releve. Pertimbangan mengenai ini adalah bahwa nilai yang lebih kecil terkandung baik dalam nilai yang lebih besar dan nilai yang lebih kecil dari jenis bersama.  $MA$  adalah jumlah nilai kuantitatif semua jenis dalam salah satu dari dua petak dan  $MB$  adalah jumlah nilai kuantitatif semua jenis di petak yang satu lagi.

Diterapkan kepada dua tegakan pertama (releve 4 dan 10) dalam Tabel 9.7. nilai  $IS$  dihitung sebagai berikut:

$$Mw = 21+0,1+0,1+2+2+\dots +0,1 = 41,8 \quad (n=18)$$

$$MA = 74+1+0,1+2+1+0,1+\dots +0,1 = 101,4 \quad (n=28)$$

$$MB = 12+0,1+2+5+3+2+\dots +1 = 99,7 \quad (n=29)$$

$$IS_{M_o} = \frac{41,8 \times 2}{101,4 + 99,7} \times 100 = 41,6\%$$

### 10.1.5 PEMBANDINGAN TUJUH INDEKS KESAMAAN

Bray & Curtis (1957) memperkenalkan penyederhanaan penghitungan, yang akhir-akhir ini juga disarankan oleh Daget & Poissonet (1969). Ini memungkinkan

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

untuk mengganti nilai  $MA$  dengan 100 dan menyesuaikan nilai untuk  $MB$  ke 100 juga sehingga  $MA + MB = 200$ . Dalam hal ini indeks kesamaan diubah dan direduksi menjadi (Indeks BC = Bray & Curtis):

$$IS_{BC} = \frac{2M_w}{200} \times 100 \quad \text{atau} \quad IS_{BC} = M_w \text{ (persen)}$$

Dalam penerapan rumus ini harus dipakai nilai persen, sebab jumlah nilai kuantitatif harus 100 untuk setiap tegakan. Tetapi, karena nilai kuantitatif untuk setiap jenis dalam Tabel 9.7 sudah nilai persen, yaitu nilai persen biomassa tumbuhan dalam bentuk taksiran bobot kering, kolom-jumlah bagi setiap analisis releve mendekati nilai 100, seperti ditunjukkan oleh nilai  $MA$  dan  $MB$ , yaitu masing-masing 101,4 dan 99,7. Oleh karena itu, untuk dua releve pertama (4 dan 10) nilai  $IS$  adalah 41,8%. Menarik untuk dicatat bahwa untuk 25 releve *Arrhenatherum* dalam Tabel 9.7. nilai  $IS_{BC}$  berdasarkan  $MA+MB = 200$  dalam semua perbandingan hampir sama dengan nilai  $IS$  berdasarkan jumlah total nilai kuantitatif sebenarnya untuk  $MA$  dan  $MB$ . Hal ini terjadi karena rasio  $2MC/(MA+MB)$  hampir konstan, yaitu  $2/200$  atau  $1/100$ . Oleh karena itu, dalam contoh ini jenis khas dapat diabaikan dan derajat kesamaan cukup diterangkan dengan kuantitas jenis bersama. Hal ini tidak mungkin berlaku bagi perbandingan tegakan yang nilai kuantitatifnya bukan dalam persen.

Sørensen (1948) menerapkan indeksnya baik dalam pengertian kualitatif maupun kuantitatif. Untuk nilai kuantitatif ia menggunakan derajat konstansi, yang pada dasarnya sama dengan frekuensi. Mungkin kita heran kenapa hanya digunakan jumlah nilai kuantitatif yang lebih kecil dari jenis bersama. Sørensen menerangkan bahwa nilai yang lebih kecil adalah satu-satunya nilai yang hadir dua kali, karena nilai itu terkandung dalam nilai yang lebih besar dari jenis yang sama dalam tegakan lain yang dibandingkan. Oleh karena itu dianggap sudah memadai hanya menjumlahkan nilai yang lebih kecil dan kemudian jumlah ini dikalikan 2. Prosedur ini analog dengan penggunaan indeks untuk data kehadiran dan ketidakhadiran, karena kehadiran sebuah jenis yang terdapat dalam dua releve juga dihitung hanya sebagai 1 dan dikalikan dengan 2. Modifikasi kuantitatif yang digunakan Ellenberg (1956) terhadap indeks Jaccard melibatkan penjumlahan nilai yang lebih kecil dan nilai yang lebih besar bagi setiap jenis bersama. Jumlah kemudian dibagi 2, yang menghasilkan nilai kuantitatif rata-rata bagi jenis bersama dalam dua tegakan. Ini memberikan nilai agak lebih besar bagi jenis bersama ketimbang metode Sørensen. Prosedur ini analog dengan

perlakuan data kehadiran dan ketidakhadiran, karena dalam penerapan kualitatif indeks Jaccard kehadiran jenis dalam dua releve hanya dihitung satu kali. Ini sama dengan menjumlahkan dua keterdapatan dan membaginya dengan 2.

Baru-baru ini Spatz (1970) membuat modifikasi indeks Jaccard. Indeks ini terdiri atas dua komponen berbeda. Komponen pertama adalah sebuah ekspresi kesamaan nisbi (R) dua tegakan yang dibandingkan. Komponen kedua adalah penerapan kuantitatif langsung indeks Jaccard seperti dikemukakan oleh Gleason (1920). Komponen kedua ini dikalikan dengan komponen pertama. Indeks ditulis sebagai berikut (Indeks Sp = Spatz):

$$IS_{Sp} = \frac{Mc}{Ma + Mb + Mc} \times 100$$

Untuk memperoleh komponen pertama, nilai kuantitatif lebih kecil dari jenis bersama dalam kedua tegakan dibagi oleh nilai kuantitatif lebih besar. Hasil pembagian yang diperoleh, yang jumlahnya sama dengan jumlah jenis bersama, dijumlah dan hasil penjumlahan itu, dibagi dengan jumlah jenis dalam dua tegakan.

Spatz memberikan contoh berikut terkait dengan nilai biomassa taksiran dalam persen:

TEGAKAN CONTOH, JENIS	A	B
1	50	35
2	30	55
3	10	10
4	8	*
5	2	*

$$R = \frac{35 : 50 + 30 : 55 + 10 : 10}{5} = \frac{0,7 + 0,6 + 1,0}{5} = 0,46$$

$$IS_{Sp} = 0,46 \times \frac{190}{200} \times 100 = 43,7\%$$

Indeks kesamaan ini memerlukan lebih banyak pekerjaan menghitung dibandingkan dengan indeks-indeks yang telah dibahas. Tetapi, dengan tersedianya komputer, perbedaan ini menjadi tidak penting.

Terdapat beberapa indeks komunitas lain yang terbit dalam berbagai pustaka, tetapi indeks Jaccard dan Sørensen adalah yang paling banyak digunakan.



## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

Indeks komunitas yang telah dibahas disarikan dalam Tabel 10.2. Untuk memberikan petunjuk yang lebih baik bagaimana indeks-indeks ini berbeda dalam ekspresi kesamaan, seperangkat data releve hipotetis digunakan untuk masing-masing dari Tabel 10.3.

Perbedaan hasil untuk pasangan releve sama agak mencolok. Pasangan releve pertama (Tabel 10.3), yang mempunyai jenis bersama, menunjukkan kesamaan 100% dengan tiga pertama bentuk indeks kehadiran Jaccard dan Sørensen. Indeks-indeks ini mencerminkan kesamaan kualitatif pasangan releve tersebut, tetapi tidak menunjukkan perbedaan kuantitatif yang besar. Yang terakhir ini dicerminkan oleh indeks Jaccard dan oleh dua indeks kuantitatif Sørensen yang dimodifikasi Spatz. Di antara tiga rumus ini, indeks Spatz menyerap pengetahuan lebih baik tentang kesamaan kualitatif antara pasangan releve 1 seperti ditunjukkan oleh nilai lebih tinggi, 17,8% dibandingkan dengan nilai 8% (lihat Tabel 10.2.). Pasangan releve 4 (Tabel 10.3), yang mempunyai 5 jenis bersama dari total 15, menunjukkan hasil kesamaan rendah yang hampir sama (6%) dengan indeks kuantitatif Sørensen seperti untuk pasangan releve 1 (8%), yang mempunyai 15 jenis bersama. Berlawanan dengan itu, indeks Spatz menonjolkan perbedaan ini lebih nyata dengan indeks kesamaan 1,7% untuk pasangan releve 4. Pasangan releve 2 mempunyai 10 jenis bersama, yang merupakan jenis paling melimpah di dua tegakan tersebut. Indeks-indeks kuantitatif yang lebih sederhana menghasilkan kesamaan yang sangat tinggi, yaitu 99% atau lebih. Indeks Spatz melingkup 5 jenis khas dalam releve  $A_2$ , yang menunjukkan sensitivitas yang lebih besar dibandingkan dengan indeks Spatz terhadap perbedaan kualitatif. Dalam perbandingan ini hasilnya hampir sama (Spatz 62,7%) seperti indeks Jaccard, yang sepenuhnya berdasarkan penerapan kualitatif (dengan kesamaan 66,7%) (lihat Tabel 10.2).

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa modifikasi kuantitatif Spatz terhadap indeks Jaccard telah menghasilkan kompromi paling baik dalam mencerminkan, baik perbedaan-perbedaan kualitatif maupun kuantitatif dari releve hipotesis yang dibandingkan. Akan tetapi, tidak dapat serta-merta disimpulkan bahwa suatu indeks kesamaan lebih baik ketimbang yang lain. Nilai sebuah indeks bergantung pada aspek-aspek yang ingin ditekankan. Penting dicatat bahwa kita harus sadar akan kapasitas diagnostik suatu indeks.

## Perlakuan Matematika Data Vegetasi

**Tabel 10.2** Ringkasan Indeks Kesamaan Komunitas dan Hasilnya (dimodifikasi dari Spatz 1970).  
Data angka dari Tabel 10.3.

PENGARANG DAN RUMUS	PASANGAN RELEVE (LIHAT TABEL 10.3)	PENGHITUNGAN	HASIL (PERSEN)
Jaccard (=J) (hanya berdasarkan kehadiran jenis)  $IS_J = \frac{c}{a + b + c} \times 100$ atau  $IS_J = \frac{c}{A + B - c} \times 100$	1	$\frac{15 \times 100}{0+0+15}$ atau $\frac{15 \times 100}{15+15+15}$	100
	2	$\frac{10 \times 100}{5+0+0}$ atau $\frac{10 \times 100}{15+10-10}$	66,7
	3	$\frac{5 \times 100}{5+5+5}$ atau $\frac{15 \times 100}{10+10-5}$	33,3
	4	$\frac{5 \times 100}{5+5+5}$ atau $\frac{5 \times 100}{10+10-5}$	33,3
Jaccard (modifikasi kuantitatif oleh Gleason 1920 = G)  $IS_G = \frac{Mc}{Ma + Mb + Mc} \times 100$ Sama seperti Matuskiewicz (lihat Spatz 1970)  $IS_G = \frac{Mc}{MA + MB} \times 100$	1	$\frac{100 + 100}{0 + 0 + 200} \times 100$	100
	2	$\frac{100 + 99}{1 + 0 + 199} \times 100$	99,5
	3	$\frac{89 + 89}{11 + 11 + 178} \times 100$	89
	4	$\frac{11 + 11}{89 + 89 + 22} \times 100$	11
Jaccard (modifikasi kuantitatif oleh Ellenberg 1956 = E)  $IS_E = \frac{Mc : 2}{Ma + Mb + Mc : 2} \times 100$	1	$\frac{200 : 2}{0 + 0 + 200 : 2} \times 100$	100
	2	$\frac{199 : 2}{1 + 0 + 199 : 2} \times 100$	99
	3	$\frac{178 : 2}{11 + 11 + 178 : 2} \times 100$	80,2
	4	$\frac{22 : 2}{89 + 89 + 22 : 2} \times 100$	5,8
Jaccard (modifikasi kuantitatif oleh Spatz 1970 = Sp)  $IS_{Sp} = \frac{\sum (Mw : Mg)}{a + b + c} \times \frac{Mc}{Ma + Mb + Mc} \times 100$	1	$\frac{0,178 \times 200}{200} \times 100$	17,8
	2	$\frac{0,63 \times 199}{200} \times 100$	62,7
	3	$\frac{0,33 \times 178}{200} \times 100$	29,4
	4	$\frac{0,16 \times 21}{200} \times 100$	1,7
Sørensen (= S) (hanya berdasarkan kehadiran jenis)  $IS_S = \frac{2c}{a + b} \times 100$	1	$\frac{2 \times 15}{15 + 1} \times 100$	100
	2	$\frac{2 \times 10}{15 + 10} \times 100$	80
	3	$\frac{2 \times 5}{10 + 10} \times 100$	50
	4	$\frac{2 \times 5}{10 + 10} \times 100$	50

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

**Tabel 10.2** (Lanjutan)

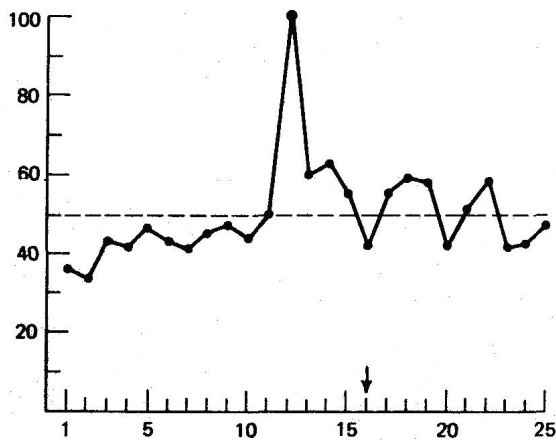
Sørensen (modifikasi kuantitatif, semula diterapkan kepada konstansi, tetapi tampaknya digunakan juga untuk kuantitas lain oleh Motyka dkk. = Mo)	1	$\frac{2 \times 8}{100 + 100} \times 100$	8
	2	$\frac{2 \times 99}{100 + 100} \times 100$	99
	3	$\frac{2 \times 89}{100 + 100} \times 100$	89
$IS_{Mo} = \frac{2 \sum Mw}{MA+MB} \times 100$			
Dalam literatur Amerika biasanya ditulis tanpa tanda penjumlahan dan tanpa simbol M	4	$\frac{2 \times 6}{100 + 100} \times 100$	6
Sørensen (modifikasi kuantitatif berdasarkan nilai nisbi, di mana jumlah nilai kuantitatif untuk semua jenis per tegakan adalah 100; diperkenalkan oleh Bray & Curtis 1957 = BC)	1	0,2+0,2+0,2+0,2+0,2 1+1+2+1+1	8
	2	0,2+0,2+0,2+0,2+0,2 44+20+10+8+7 4+2+2+1+1	99
	3	44+20+10+8+7	89
$IS_{BC} = \sum Mw \times 100$			
Biasanya ditulis tanpa tanda penjumlah dan tanpa simbol M	4	1+1+2+1+1	6

Penjelasan mengenai lambang dalam Tabel 10.2: IS = indeks kesamaan apa saja, a = jumlah jenis yang terdapat hanya dalam tegakan A, b = jumlah jenis yang terdapat hanya dalam tegakan B, c = jumlah jenis yang terdapat dalam tegakan A dan B, A = jumlah total jenis dalam tegakan A, B = jumlah total jenis dalam tegakan B, Mc = jumlah biomassa tumbuhan atau nilai kuantitas lain dari jenis bersama di tegakan A dan B; Ma = jumlah nilai kuantitatif jenis khas di tegakan A, Mb = jumlah nilai kuantitatif jenis khas di tegakan B, Mw = nilai kuantitatif lebih kecil dari jenis bersama di tegakan A dan B, Mg = nilai kuantitatif lebih besar dari jenis bersama di tegakan A dan B, MA = jumlah nilai kuantitatif dari semua jenis dalam tegakan A, MB = jumlah nilai kuantitatif dari semua jenis dalam tegakan B.

### 10.1.6 NILAI AMBANG UNTUK MENGLASIFIKASI ASOSIASI

Untuk pengenalan asosiasi, kesamaan dalam kombinasi jenis (yaitu kehadiran atau ketidakhadiran jenis tertentu) sering kali dianggap lebih penting daripada kontribusi kuantitatif setiap jenis (Williams & Lambert 1959). Bahkan bagi tegakan cuplikan yang dipilih secara subjektif adalah sah untuk menentukan sesukanya batas-batas ekstrem tertentu untuk mengklasifikasikan sejumlah releve ke dalam asosiasi sama atau berbeda. Untuk maksud tersebut kita dapat menggunakan koefisien komunitas-kehadiran Jaccard. Sebagai contoh, kita pilih tegakan yang paling tipikal atau sentral sebagai releve acuan, yang kemudian dibandingkan dengan semua tegakan dengan menghitung indeks kesamaannya.

Dalam deretan ara-ara (*Arrhenatherum*) dari daerah rendah Danube di selatan Ulm, kita dapat mengambil releve 20 (nomor urut 12 dalam Tabel 9.7) sebagai releve *Arrhenatherum* yang paling tipikal, karena komunitas ini telah ditempatkan di posisi tengah dalam Tabel 9.7. Komunitas ini dicirikan oleh *Arrhenatherum* yang melimpah dan juga oleh kehadiran *Crepis biennis*, *Heracleum spondylium*, dan *Trisetum flavescens*, sedangkan tumbuhan indikator kelembapan hanya sedikit. Dengan menggunakan releve ini sebagai acuan dan penghitungan koefisien komunitas-kehadiran Jaccard diperoleh sederetan nilai seperti ditunjukkan dalam Gambar 10.2.



**Gambar 10.2** Indeks kesamaan-kehadiran (Jaccard) komunitas ara-ara seperti tercantum dalam Tabel 9.7. yang dihitung dengan menggunakan komunitas tipikal (releve nomor urut 12) sebagai releve acuan.

Pengalaman menunjukkan bahwa nilai indeks kesamaan Jaccard berdasarkan kehadiran jarang melebihi 50 atau 60%. Bahkan, daftar jenis dua komunitas, serupa yang berdampingan jarang mempunyai jenis bersama lebih dari 2/3. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa nilai  $IS_j$  semua releve dalam Tabel 9.7 relatif besar, meskipun kisarannya hanya 33-66% (seperti ditunjukkan dalam Gambar 10.2).

Untuk menentukan apakah sebuah komunitas dapat dianggap sebagai bagian suatu asosiasi, berdasarkan pengalaman, kami sarankan koefisien komunitas-kehadiran berikut sebagai nilai ambang:

**$IS_j$  lebih dari 25%, tetapi kurang dari 50% (hanya berdasarkan kehadiran).**

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

Sukar untuk berbicara tentang **komposisi floristik serupa** (*similar floristic composition*)—seperti disyaratkan dalam definisi istilah asosiasi—bila nilai  $IS_j$  kurang dari 25%. Bila sekiranya nilai  $IS_j$  melebihi 50%, kesamaan menjadi sangat besar, sehingga perlu disarankan untuk membentuk subunit di bawah peringkat (*rank*) asosiasi atau lupakan saja pengelompokan lebih lanjut, karena jumlah kelas akan menjadi terlalu banyak (dengan sedikit jumlah releve) untuk menghasilkan generalisasi yang mempunyai arti ekologi. Tentu saja kriteria ini hendaknya digunakan sebagai pedoman dan jangan dijadikan persyaratan mutlak.

**Tabel 10.3** Contoh data releve hipotesis dalam bentuk persentase biomassa tumbuhan (Spatz 1970).

PASANGAN RELEVE	1		2		3		4	
	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>
Releve								
Jenis								
1	44	+ <sup>a</sup>	44	44	44	44	44	
2	20	+	20	20	20	20	20	
3	10	+	10	10	10	10	10	
4	8	+	8	8	8	8	8	
5	7	+	7	7	7	7	7	
6	4	1	4	4	5		5	1
7	2	1	2	2		5	2	1
8	2	2	2	2	2		2	2
9	1	2	1	2		2	1	2
10	1	4	1	1	2		1	5
11	+	7	+			2		7
12	+	8	+		1			8
13	+	10	+			1		10
14	+	20	+		1			20
15	+	44	+			1		44

<sup>a</sup>Tanda + dinilai sebagai 0,2% biomassa tumbuhan

### 10.2 KORELASI ANTARA JENIS

Dengan cara yang sama koefisien untuk menilai kesamaan antara dua komunitas dapat digunakan untuk menghitung kesamaan antara dua jenis mengenai sebarannya dalam berbagai komunitas. Untuk maksud tersebut, **indeks asosiasi** (*index of association*) dapat digunakan untuk menghitung korelasi antara dua jenis. Beberapa indeks asosiasi dan nilai informasinya telah ditinjau oleh Cole (1949; 1957), Dagnelie (1960) dan Sokal & Sneath (1963). Namun demikian,

sementara ini kita terutama akan menyoroiti koefisien Jaccard, karena aplikasinya sederhana. Indeks kesamaan komunitas Jaccard dapat digunakan sebagai indeks asosiasi jenis dalam tiga cara:

1. Untuk mengevaluasi korelasi kehadiran dan ketidakhadiran jenis antara petak, kuadrat atau releve.
2. Untuk membandingkan persesuaian nilai kuantitatif atau jumlah setiap jenis yang hadir.
3. Untuk membuat korelasi konstansi jenis antara tipe-tipe vegetasi.

**Indeks asosiasi jenis ( $IA$ )** berdasarkan kehadiran ( $k$ ) ditulis dalam bentuk rumus berikut untuk membandingkan releve:

$$IA_K = \frac{c}{a + b + c} \times 100$$

Namun demikian, di sini  $c$  adalah jumlah releve di mana dua jenis yang dibandingkan hadir bersama;  $a$  mengacu kepada jumlah releve di mana satu dari dua jenis hadir sendirian, dan  $b$  adalah jumlah releve di mana jenis yang lain ditemukan sendirian. Misalnya untuk *Bromus erectus* dan *Salvia pratensis* dalam Tabel 9.7 kehadiran  $c=5$ ,  $a=2$  dan  $b=0$  menghasilkan nilai  $IA$ :

$$IA_K = \frac{5}{2 + 0 + 5} \times 100 = \frac{5}{7} \times 100 = 72\%$$

Nilai-nilai  $IA$  antara *Bromus* dan jenis lain dalam Tabel 9.7 dapat dihitung dengan cara sama. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 10.4. Nilai  $IA$  dalam tabel ini menunjukkan derajat asosiasi semua jenis (yang ditunjukkan dalam Tabel 9.7) dengan *Bromus erectus*. Tabel 10.4. menyajikan jenis yang sebarannya bertumpang-tindih dengan sebaran *Bromus erectus*.

$IA$  yang dikuasai bersama dengan *Arrhenatherum elatius* atau dengan *Cirsium oleraceum* atau dengan jenis lain dapat dibuat dengan cara sama. Kalkulasi indeks asosiasi jenis berdasarkan kuantitas ( $IA_M$  di sini  $M$  menyatakan biomassa) memerlukan usaha lebih banyak. Untuk maksud ini, kita dapat juga menggunakan *Bromus* dan *Salvia* sebagai contoh (lihat Tabel 9.7):

$$Mc = 21+5+47+2+37+1+35+4+10+4 = 166$$

$$Ma = 0$$

$$Mb = 74+50 = 124$$

$$IA_M = \frac{166 : 2}{124 + 0 + 166 : 2} \times 100 = \frac{83}{207} \times 100 = 40\%$$

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

**Tabel 10.4** Indeks asosiasi jenis (nilai  $IA_p$  dalam persen) berdasarkan kehadiran *Bromus erectus* yang berbagi dengan jenis lain dalam Tabel 9.7.

<i>Bromus erectus</i>	100	<i>Arrhenatherum elatius</i>	28
		<i>Knautia arvensis</i>	25
<i>Salvia pratensis</i>	72	<i>Cerastium caespitosum</i>	25
<i>Viola hirta</i>	63	<i>Ranunculus acer</i>	25
		<i>Trifolium pratense</i>	25
<i>Koeleria pyramidata</i>	57	<i>Centaurea jacea</i>	24
<i>Campanula glomerata</i>	56	<i>Trisetum flavescens</i>	22
<i>Campanula rotundifolia</i>	54	<i>Lotus corniculatus</i>	22
		<i>Dianthus superbus</i>	22
<i>Scabiosa columbaria</i>	50	<i>Galium boreale</i>	21
<i>Thymus serpyllum</i>	50	<i>Helictotrichon pubescens</i>	21
<i>Linurn catharticum</i>	50		
		<i>Festuca pratensis</i>	20
<i>Vicia sepium</i>	40	<i>Bellis perenni</i>	19
<i>Festuca rubra</i>	38	<i>Prunella vulgaris</i>	19
<i>Festuca ovina</i>	37	<i>Senecio jacobaea</i>	18
<i>Briza media</i>	33	<i>Trifolium repens</i>	17
<i>Achillea millefolium</i>	33	<i>Heracleum sphondylium</i>	17
<i>Medicago lupulina</i>	33	<i>Brachypodium pinriatum</i>	14
<i>Vicia cracca</i>	33	<i>Alchemilla vulgaris</i>	14
<i>Veronica chamaedrys</i>	32	<i>Rumex acetosa</i>	13
<i>Plantago media</i>	31	<i>Potentilla reptans</i>	11
		<i>Silene inflata</i>	11
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	30		
<i>Taraxacum officinale</i>	30	<i>Leontodon hispidus</i>	10
<i>Carex flacca</i>	30	<i>Crepis biennis</i>	10
<i>Daucus carota</i>	29	<i>Anthriscus sylvestris</i>	9
<i>Pimpinella saxifraga</i>	29	<i>Tragopogon pratensis</i>	8
<i>Galium verum</i>	29	<i>Ajuga reptans</i>	6
<i>Galium mollugo</i>	28	<i>Lathyrus pratensis</i>	6
<i>Poa pratensis</i>	28		
<i>Plantago lanceolata</i>	28	Semua jenis lain	0
<i>Dactylis glomerata</i>	28		

Persen kesamaan dalam kuantitas yang berasosiasi antara dua jenis jauh lebih kecil ketimbang kesamaan hanya berdasarkan kehadiran karena *Bromus* selalu hadir dalam kuantitas tinggi, sementara *Salvia*, meskipun berasosiasi dengan *Bromus*, hadir dalam kuantitas rendah.

Dua jenis dengan nilai kuantitas sama, tetapi asosiasi keterdapatannya kurang dekat dapat menunjukkan indeks asosiasi kuantitatif seperti dua jenis yang berasosiasi dengan kelimpahan tidak sama. Oleh karena itu, pelibatan kuantitas jenis dapat mengaburkan koefisien ini sebagai indeks asosiasi.

## Perlakuan Matematika Data Vegetasi

Selanjutnya, dua jenis mungkin berkorelasi positif dalam hal keterdapatannya tetapi berkorelasi negatif dalam kuantitasnya. Hubungan kuantitatif terbalik seperti itu dapat menunjukkan derajat kompetisi sepanjang suatu gradasi lingkungan sehingga secara ekologi menarik. Hubungan kuantitatif seperti ini diuji secara statistik dengan uji koefisien korelasi ( $r$ ), yang dibahas dalam berbagai buku statistik. Sebuah contoh tentang aplikasi uji korelasi terhadap dua jenis yang berasosiasi negatif disajikan oleh Kershaw (1964, 78).

Tabel 10.5 menunjukkan beberapa nilai  $IA$  yang dihitung dari tabel ringkasan komunitas tumbuhan di Jerman Utara (Tabel 9.10). Nilai  $IA$  dihitung berdasarkan konstansi ( $C$ ) yang dibandingkan satu kali dengan *Arrhenatherum elatius* dan satu kali dengan *Bromus erectus*.

Misalnya, indeks asosiasi ( $IA$ ) berdasarkan konstansi ( $C$ ) antara *Arrhenatherum* dan *Tragopogon* dalam Tabel 9.10 dihitung sebagai berikut:

$$IA_c = \frac{Cc : 2}{Ca + Cb + Cc : 2} \times 100$$

yang dalam hal ini:

$$Cc = 18 + 9 + 9 + 18 + 82 + 86 + 85 + 60 + 64 + 18 + 17 + 4 + 20 + 20 = 510 \text{ (yaitu, tujuh keterdapatan bersama)}$$

$$Ca = 22 + 20 + 8 = 50 \text{ (yaitu, tiga keterdapatan khas } Arrhenatherum)$$

$$Cb = 0 \text{ (yaitu, tidak ada keterdapatan khas } Tragopogon)$$

Jadi,

$$IA_c = \frac{255 \times 100}{305} = 83,6 \text{ atau } 84\%$$

Nilai-nilai dalam Tabel 10.5 menunjukkan hubungan sosiologi dan ekologi yang sangat jelas dari *Arrhenatherum*, *Tragopogon*, *Crepis*, *Pastinaca*, dan *Anthriscus*. Selanjutnya *Arrhenatherum* mempunyai indeks asosiasi tinggi dengan banyak tumbuhan ara-ara lain. Sebaliknya, kelompok *Bromus erectus*—*Salvia*—*Koeleria*—*Scabiosa* (pada dasar Tabel 10.5) tidak ada hubungan dengan jenis-jenis lain dan karenanya menunjukkan wakil sebuah unit vegetasi yang agak berbeda.



## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

**Tabel 10.5** Indeks asosiasi berdasarkan konstansi ( $IA_c$ ) untuk *Arrhenatherum elatius* dan *Bromus erectus* yang berbagi bersama dengan beberapa tumbuhan di ara-ara di Jerman Utara. Dihitung dari nilai konstansi dalam Tabel 9.10.

	$IA_c$ BERDASARKAN	
	<i>ARRHENATHERUM</i>	<i>BROMUS</i>
<i>Arrhenatherum elatius</i>	100	--
<i>Tragopogon pratensis</i>	84	--
<i>Crepis biennis</i>	80	--
<i>Pastinaca sativa</i>	74	--
<i>Anthriscus sylvestris</i>	71 (86) <sup>a</sup>	--
<i>Daucus carota</i>	69	0
<i>Heracleum sphondylium</i>	60 (68)	--
<i>Trisetum flavescens</i>	58	--
<i>Galium mollugo</i>	57	3
<i>Dactylic glomerata</i>	40 (59)	--
<i>Veronica chamaedrys</i>	51	--
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	48	--
<i>Lysimachia nummularia</i>	44	--
<i>Bellis perennis</i>	41	2
<i>Taraxacum officinale</i>	33 (46)	1
<i>Achillea millefolium</i>	33 (40)	3
<i>Poa pratensis</i>	37	2
<i>Alopecurus pratensis</i>	35	--
<i>Lolium perenne</i>	32 (39)	--
<i>Festuca pratensis</i>	33	--
<i>Plantago lanceolata</i>	31 (35)	2
<i>Trifolium repens</i>	29 (32)	--
<i>Holcus lanatus</i>	28 (31)	--
<i>Cirsium oleraceum</i>	27 (32)	--
<i>Deschampsia caespitosa</i>	19 (31)	--
<i>Angelica sylvestris</i>	17 (22)	--
<i>Thymus serpyllum</i>	15	14
<i>Geum rivale</i>	12 (13)	--
<i>Festuca ovina</i>	9 (11)	14
<i>Scabiosa columbaria</i>	6	59
<i>Koeleria pyramidata</i>	5	56
<i>Salvia pratensis</i>	--	--
<i>Bromus erectus</i>	--	100

<sup>a</sup> Indeks dalam kurung menunjukkan asosiasi di dalam padang rumput bagi jenis yang terdapat juga di luar komunitas padang rumput.

Oleh karena itu, indeks asosiasi jenis merupakan cara untuk menyatakan asosiasi jenis yang terdapat secara alami dalam angka. Indeks-indeks tersebut dapat digunakan juga sebagai uji untuk mengevaluasi kelompok jenis yang diperoleh dengan metode lain. Tetapi, formasi kelompok atau asosiasi antarjenis dapat dinilai secara statistik hanya kalau digunakan sejumlah besar cuplikan acak.

### 10.3 ORDINASI JENIS

Dengan cara yang sama, De Vries (1954) menghitung korelasi jenis-jenis umum di padang rumput di Negeri Belanda, yang dicuplik secara acak dengan 1.000 kuadrat, dengan luas masing-masing 1 m<sup>2</sup>. Hasilnya disajikan dalam grafik yang jelas menunjukkan hubungan ekologi dari kelompok-kelompok jenis (Gambar 10.3). Mengikuti saran G. Hamming, ia memasukkan kuadrat-kuadrat yang tidak mengandung pasangan-jenis. Dengan cara matematika ini, De Vries menghasilkan kelompok-kelompok jenis yang sebanding secara umum dengan kelompok-kelompok yang diperoleh dengan metode Braun-Blanquet. Kelompok berikut dapat ditemukan dalam Gambar 10.3:

#### Kelompok di kiri atas

*M* *Molinia coerulea*  
*S* *Sieglingia decumbens*  
*Pe* *Potentilla erecta*  
*Cp* *Carex panicea*  
*Ci* *Cirsium dissectum*

#### Kelompok di kanan atas

*Arr* *Arrhenatherum elatius*  
*Tn* *Trisetus flavescens*  
*D* *Dactylis glomerata*

#### Kelompok di kiri

*Cal* *Caltha palustris*  
*LFc* *Lychnis flos-cuculi*  
*Gm* *Glyceria maxima*

#### Kelompok di kiri tengah

*Ao* *Anthoxanthum odoratum*  
*Ru* *Rumex acetosa*  
*Hl* *Holcus lanatus*

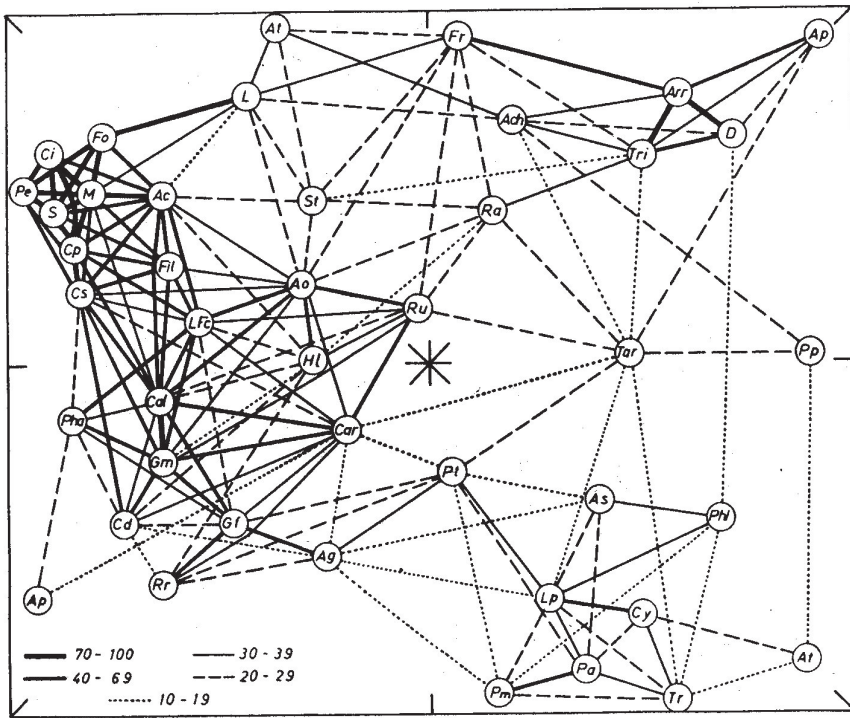
#### Kelompok di kiri bawah

*Rr* *Ranunculus repens*  
*Ag* *Alopecurus genicuiatus*  
*Gf* *Glycena fluitans*

#### Kelompok di kanan bawah

*Lp* *Lolium perenne*  
*Cy* *CyCynosurus cristatus*  
*Tr* *Trifolium pratense*  
*Phl* *Phleum pratense*

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi



**Gambar 10.3** Korelasi antara beberapa jenis dalam komunitas padang rumput di Negeri Belanda (Dari De Vries). Penyajian dibuat untuk menggambarkan hubungan tiga dimensi. Keterangan: Ac = *Agrostis canina*; Ach = *Achillea millefolium*; Ag = *Alopecurus geniculatus*; Ao = *Anthoxanthum odoratum*; Ap = *Alopecurus pratensis*; Arr = *Arrhenatherum elatius*; As = *Agrostis stolonifera*; At = *Agrostis tenuis*; Cal = *Caltha palustris*; Car = *Cardamine pratensis*; Cd = *Carex disticha*; Ci = *Cirsium dissectum*; Cp = *Carex panicea*; Cs = *Carex stolonifera (= fusca)*; Cy = *Cynosurus cristatus*; D = *Dactylis glomerata*; Fil = *Filipendula ulmaria*; Fo = *Festuca ovina*; Fr = *Festuca rubra*; Gf = *Glyceria fluitans*; Gm = *Glyceria maxima*; Hi = *Holcus lanatus*; L = *Luzula campestris*; LFc = *Lychnis flos-cuculi*; Lp = *Lolium perenne*; M = *Molinia coerulea*; Pa = *Poa annua*; Pe = *Potentilla erecta*; Pha = *Phalaris arundinacea*; Phl = *Phleum pratense*; Pm = *Piantago Major*; Pp = *Poa pratensis*; Pt = *Poa trivialis*; Ra = *Ranuncius acer*; Rr = *Ranunculus repens*; Ru = *Rumex acetosa*; S = *Sieglingia decumbens*; St = *Stelaria graminea*; Tar = *Taraxacum officinale*; Tr = *Trifohum pratense*; Tri = *Trisetum flavescens*.

Koordinat pada Gambar 10.3 membagi jenis dari pusat ke atas menjadi tumbuhan ara-ara dan dari pusat ke bawah menjadi tumbuhan padang penggembalaan. Tumbuhan yang menunjukkan substrat lembap adalah kelompok kiri bawah, tumbuhan menunjukkan substrat miskin hara adalah di sebelah kiri atas, dan tumbuhan ara-ara dengan substrat yang berdrainase baik

di sebelah kanan atas. Tumbuhan indikator gamping ada di sebelah kanan, sedangkan indikator tanah masam ada di sebelah kiri.

Variasi geografi dalam asosiasi jenis dapat dipetakan dan indeks asosiasi dapat dipindahkan ke peta semacam itu.

Tampak jelas bahwa tidak ada satu kelompok pun yang membentuk entitas nyata, tetapi antara kelompok-kelompok tersebut terdapat interkoneksi yang berbeda-beda. Misalnya, kelompok *Caltha palustris* di sebelah kiri terkait erat dengan kelompok *Ranunculus repens* di sebelah kiri bawah melalui jenis penghubung *Glyceria maxima*.

Penyajian korelasi jenis dua dimensi pada Gambar 10.3 memerlukan aproksimasi karena korelasi sebenarnya tiga dimensi dan model De Vries lebih tepat berbentuk **bulat** (*sphere*). Diagram jelas menunjukkan sebuah kontinum atau kesinambungan korelasi antarjenis yang kuat dan lemah, yang singkatnya korelasi ini membentuk sebuah **kontinum bervariasi** (*varying continuum*). Diagram De Vries jelas merupakan sebuah ordinasasi jenis. Pemisahan kelompok atau perbedaan unit-unit (yaitu klasifikasi) adalah langkah selanjutnya dalam pengabstrakan. Pemisahan yang paling tepat dibuat sepanjang korelasi yang lemah.

Meskipun demikian, diagram juga menunjukkan diskontinuitas. Misalnya, *Phleum pratense* dan *Cynosurus*, dua-duanya berkorelasi dengan *Lolium perenne* dan *Trifolium repens* (kanan bawah dalam diagram), tetapi *Phleum* dan *Cynosurus* tidak berkorelasi satu dengan lainnya. De Vries menyatakan bahwa fakta ini mendukung pemisahan asosiasi *Lolieto-Cynosuretum* menjadi varian “gemuk” (*Trifolium*) dan varian “kurus” (*Lolium*).

Korelasi jenis dalam Gambar 10.3 hanya berlaku untuk lokasi studi; yaitu hanya untuk kawasan terbatas dengan iklim dan flora yang seragam. Semakin luas kawasan dan semakin bervariasi habitatnya, indeks asosiasi jenis semakin kurang dapat diandalkan. Jadi, kesukaran yang sama yang terdapat dalam perbandingan komunitas dengan tabel berlaku juga. Ini disebabkan oleh kontinum vegetasi yang bervariasi. Komunitas tumbuhan dapat dideretkan dalam urutan yang logis hanya secara lokal atau dalam batas geografi tertentu. Gejala ini tidak dapat dihilangkan dengan perlakuan matematika.

### 10.3.1 PENERAPAN TABEL KONTINGENSI 2 x 2

Seperti dikemukakan di atas, De Vries memasukkan dalam kalkulasinya nilai keempat, yaitu jumlah kuadrat, di mana kedua jenis yang dibandingkan tidak hadir. Ia menggunakan koefisien korelasi statistik ( $r$ ). Nilai  $r = 0$  berarti kedua

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

jenis yang diuji terdapat bersama-sama sesering seperti harapan hanya karena kebetulan,  $r = +1$  berarti kedua jenis selalu terdapat bersama-sama,  $r = -1$  berarti kedua jenis tidak pernah terdapat bersama-sama. Tetapi, dalam diagramnya hanya korelasi jenis positif yang jelas diidentifikasi. Keempat kombinasi dari dua jenis dapat dengan mudah dicatat dalam tabel kontingensi  $2 \times 2$ . Tabel ini dimaksudkan sebagai penyusunan data untuk uji **chi-kuadrat** (*chi-square*) ( $\chi^2$ ).

Sebuah tabel kontingensi  $2 \times 2$  untuk korelasi dua jenis dapat ditulis sebagai berikut:

		Jenis A		
		+	-	
Jenis B	+	a	b	a+b
	-	c	d	c+d
		a+c	b+d	n= a+b+c+d

a = jumlah teramati (*observed number*) kuadrat (atau releve) yang berisi kedua jenis

b = jumlah teramati kuadrat yang berisi hanya jenis B

c = jumlah teramati kuadrat yang berisi hanya jenis A

d = jumlah teramati kuadrat yang tidak berisi kedua jenis

Nilai untuk a, b, dan c digunakan dalam aplikasi rumus Jaccard sebelumnya. Nilai d adalah parameter tambahan yang dimasukkan De Vries dalam kalkulasi korelasi jenis.

Pemasukan nilai ketidakhadiran bersama (d) penting untuk evaluasi statistik. Sebuah koefisien yang membandingkan kesederhanaan dengan koefisien Jaccard dan yang memasukkan ketidakhadiran bersama disebut **koefisien perbandingan sederhana** (*simple matching coefficient*) (Sokal & Sneath 1963).

Sebagai sebuah indeks, koefisien perbandingan sederhana ( $IA_{ps}$ ) mengaitkan jumlah kuadrat dengan kehadiran bersama dan ketidakhadiran bersama jenis kepada jumlah total kuadrat yang dicuplik. Ini ditulis sebagai berikut:

$$IA_{ps} = \frac{a + d}{n}$$

Tampaknya koefisien ini belum banyak digunakan dalam ekologi vegetasi. Sebuah artikel yang menggunakan koefisien perbandingan sederhana sebagai indeks asosiasi jenis adalah tulisan Moore dkk (1970).

Pengaturan tabel kontingensi 2 x 2 memungkinkan untuk membuat perbandingan antara jumlah kuadrat yang sebenarnya diisi oleh jenis yang sedang ditelaah dengan jumlah **kuadrat harapan** (*expected quadrat*) menurut hipotesis sebaran acak tumbuhan di lapangan. Hipotesis ini mendalilkan bahwa jumlah keterdapatan berdasarkan semua kombinasi mengikuti pola yang dapat diperkirakan seperti dihitung secara matematika dengan sebaran  $\chi^2$ . Uji  $\chi^2$  digunakan untuk melihat apakah jumlah cuplikan yang berisi satu jenis berkorelasi nyata dengan keterdapatan jenis kedua. Uji ini tidak memerlukan sebaran acak jenis yang diuji, tetapi kuadrat harus benar-benar disebar secara acak. Uji ini sangat cocok untuk diterapkan kepada jenis tumbuhan, karena pola sebaran tumbuhan biasanya mengelompok. Meskipun demikian, dalam cuplikan dengan jumlah besar, sejumlah tertentu keterdapatan bersama dan ketidakterdapatan bersama jenis terjadi secara kebetulan. Ini tidak perlu diperhitungkan karena persentasenya kecil, hanya sekitar 5% (Goodall 1953 a; Greig-Smith 1964).

Jumlah kuadrat harapan (keterdapatan atau frekuensi kejadian) untuk kombinasi tabel mana saja dihitung dengan mengalikan total di pinggir dan dengan membagi hasil perkalian ini dengan jumlah kuadrat.

Misalnya, jumlah kuadrat harapan yang berisi:

1. Kedua jenis A dan B dihitung sebagai berikut

$$\frac{(a + b)(a + c)}{n}$$

2. Hanya jenis B dihitung sebagai berikut

$$\frac{(a + b)(b + d)}{n} \text{ atau } (a+c) - \frac{(a + b)(a + c)}{n}$$

3. Hanya jenis A dihitung sebagai berikut

$$\frac{(a + c)(c + d)}{n} \text{ atau } (a+b) - \frac{(a + b)(a + c)}{n}$$

4. Kedua jenis tidak dihitung sebagai berikut

$$\frac{(b + d)(c + d)}{n}$$

Jumlah kuadrat teramati (O = *observed*) dan harapan (E = *expected*) kemudian dibandingkan, dengan menghitung nilai  $\chi^2$ . Nilai  $\chi^2$  adalah jumlah perbandingan kuadrat deviasi terhadap nilai harapan, yang dapat ditulis sebagai berikut (Moroney 1954):

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Sebagai contoh, mari kita bandingkan ketersediaan *Bromus erectus* dengan *Scabiosa columbaria* dalam Tabel 9.7.

### NILAI TERAMATI

		<i>Bromus erectus</i>		
		+	-	
<i>Scabiosa columbaria</i>	+	4	1	5
	-	3	17	20
		7	18	25

### NILAI HARAPAN

		<i>Bromus erectus</i>		
		+	-	
<i>Scabiosa columbaria</i>	+	1,4	3,6	5
	-	5,6	14,4	20
		7	18	25

$$\chi^2 = \frac{2,6^2}{1,4} + \frac{2,6^2}{3,6} + \frac{2,6^2}{5,6} + \frac{2,6^2}{14,4}$$

$$\chi^2 = 4,83 + 1,88 + 1,21 + 0,47 = 8,39$$

Nilai  $\chi^2$  biasanya dihitung dengan rumus

$$\chi^2 = \frac{(ad - bc)^2 \times n}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

$$\chi^2 = \frac{[(4 \times 17) - (1 \times 3)]^2 \times 25}{5 \times 20 \times 7 \times 18} = \frac{105.625}{12.600} = 8,38$$

Dengan rumus kedua tidak perlu menghitung nilai-nilai harapan dan simpangan (*deviation*) nilai-nilai teramati.

Nilai  $\chi^2$  dicari dalam tabel  $\chi^2$ . Tabel ini biasanya terdapat dalam buku pegangan statistik. Nilai  $\chi^2$  diperoleh dengan derajat kebebasan yang sesuai, yang selalu sama dengan jumlah yang dibandingkan dikurangi satu. Di sini dengan menggunakan tabel kontingensi 2 x 2, derajat kebebasannya adalah 1.

Nilai 8,38 yang diperoleh dari perbandingan *Bromus erectus* dengan *Scabiosa columbaria* nyata pada taraf 0,5% karena melebihi nilai 7,88 pada taraf 0,5% dalam tabel  $\chi^2$ . Nilai  $\chi^2$  ini tidak dapat dipercaya sepenuhnya karena releve yang digunakan tidak dicuplik secara acak.

Selanjutnya buku pegangan statistik (misalnya Moroney 1954) menunjukkan bahwa koreksi Yates harus diterapkan jika uji ini digunakan untuk cuplikan dengan jumlah kecil. Koreksi ini berupa pengurangan 0,5 dari nilai yang teramati yang melebihi nilai harapan dan penambahan 0,5 kepada nilai yang teramati yang lebih kecil ketimbang nilai harapan. Koreksi ini menyebabkan pengurangan nilai  $\chi^2$  yang nyata sekali pada cuplikan kecil, tetapi tidak demikian pada jumlah cuplikan yang lebih besar.

Penghitungan koreksi Yates yang lebih sederhana dimasukkan ke dalam rumus yang dimodifikasi berikut:

$$\chi^2 \text{ (dengan koreksi Yates)} = \frac{(ad - bc - n/2)^2 \cdot xn}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

Diterapkan kepada contoh kita nilai yang telah dikoreksi menjadi:

$$\chi^2 = \frac{[(4 \times 17) - (1 \times 3) - 12,5]^2 \times 25}{5 \times 20 \times 7 \times 18} = \frac{68.906,25}{12.000} = 5,74$$

Penelaahan kembali tabel  $\chi^2$  menunjukkan bahwa nilai 5,02 nyata pada taraf probabilitas 2,5%. Jadi, nilai  $\chi^2$  yang telah dikoreksi masih menunjukkan asosiasi nyata *Bromus erectus* dan *Scabiosa columbaria*.

Greig-Smith (1964) menyarankan penerapan koreksi Yates bila nilai harapan kurang dari 500. Jumlah besar seperti itu jarang dicuplik. Oleh karena itu, dalam uji  $\chi^2$  untuk asosiasi jenis hampir selalu diperlukan penggunaan rumus  $\chi^2$  yang dikoreksi.

Uji  $\chi^2$  tidak dianggap cukup terpercaya bila nilai harapan dalam sel mana saja dalam tabel kontingensi kurang dari 5. Taraf sesukanya ini disarankan dalam buku pegangan statistik (misalnya Moroney 1954), tetapi ini tidak merupakan persyaratan yang kaku. Sebuah nilai rendah dapat menghasilkan deviasi rendah yang tidak proporsional. Jadi, penerapan uji  $\chi^2$  untuk *Bromus erectus* dan *Scabiosa columbaria* secara statistik tidak seluruhnya berlaku, karena dua dari nilai harapan kurang dari 5.

Greig-Smith (1964) menunjukkan lebih lanjut bahwa dalam perbandingan 100 pasangan-jenis, 5 dapat diharapkan menghasilkan taraf nyata hanya karena



kebetulan. Ini berarti 5% dalam seperangkat nilai  $\chi^2$  nyata harus diabaikan. Oleh karena itu, nilai uji-uji terpisah dapat dipertanyakan. Selanjutnya, sederetan uji  $\chi^2$  menjadi berarti bila didasarkan kepada jumlah cuplikan besar, lebih baik bila tidak kurang dari 100 (Greig-Smith 1964).

Jumlah kuadrat teramati yang berisi empat kombinasi yang mungkin dari dua jenis adalah nilai frekuensi, karena informasi yang terkandung hanya mengacu kepada kehadiran dan ketidakhadiran jenis dalam area terbatas (kuadrat). Nilai frekuensi bergantung kepada ukuran kuadrat. Oleh karena itu, nilai nyata sebuah asosiasi dua-jenis seperti ditunjukkan oleh  $\chi^2$  bergantung juga kepada ukuran kuadrat yang digunakan. Misalnya, kuadrat yang kecil sekali tidak dapat mendeteksi kemungkinan korelasi positif jenis hanya karena kuadrat kecil tidak dapat melingkup jenis yang berkorelasi. Sebuah kuadrat besar dapat melingkup jenis lebih banyak dan menghasilkan pasangan-jenis berkorelasi lebih besar ketimbang jumlah yang realistis sesuai dengan pola sebarannya dalam komunitas (Kershaw 1964).

Oleh karena itu, korelasi jenis yang diperoleh dengan cara ini tidak dapat dikatakan sebagai suatu hal yang mutlak. Korelasi ini hanya dapat dikatakan mutlak dalam kaitannya dengan ukuran kuadrat atau petak tertentu. Tetapi, ukuran petak didasarkan kepada pilihan subjektif.

### 10.3.2 DUA CONTOH DARI PUSTAKA

Huber (1955) menelaah komunitas lumut pada tanah tidak berbatu gamping (masam) di hutan dekat Basel (Swiss) dengan menggunakan teknik kontingensi  $2 \times 2$ . Ia menunjukkan daftar 23 jenis lumut dan 4 terna yang terdapat paling tidak dalam 10 dari 233 releve yang ditelaah. Releve-releve dipilih bukan untuk mencari kombinasi jenis yang tipikal, tetapi untuk homogenitas, dan releve-releve tersebut diletakkan di semua hutan tidak berbatu gamping (yang langka di kawasan ini). Tujuan Huber, seperti halnya De Vries, adalah untuk menguji secara matematika kombinasi jenis yang terdapat dalam lokasi tersebut. Ukuran releve-nya bervariasi dari beberapa meter persegi hingga sekitar 107 m<sup>2</sup>.

Ia menyatakan bahwa cuplikan acak yang berukuran sama akan lebih baik, tetapi komunitas lumut tidak menutup area homogen yang cukup luas untuk pencuplikan acak. Selanjutnya pencuplikan acak akan memerlukan pengetahuan yang pasti tentang luasnya substrat tidak berbatu gamping. Pengetahuan tersebut hanya diperoleh sedikit demi sedikit selama penelaahan dilakukan.

Huber mengemukakan bahwa karena ukuran releve-nya tidak sama, maka konstansi tidak dapat dihitung. Namun, ia mengatakan bahwa kita dapat menghitung konstansi tersebut bila dua jenis ditemukan lebih banyak bersama-sama dibandingkan dengan harapan dari sebaran independen kedua jenis tersebut. Tetapi, hal ini dapat diperdebatkan.

Mungkin sekali bahwa cuplikan-cuplikan 1 m<sup>2</sup> memenuhi syarat area-minimum dalam komunitas lumut. Dalam hal ini memperbesar ukuran petak cuplikan tidak akan meningkatkan jumlah jenis. Karena komunitas lumut dipilih atas dasar homogenitas, cuplikan yang lebih besar tidak akan meningkatkan jumlah jenis secara nyata. Kemudian Huber mengeluarkan semua jenis yang terdapat kurang dari 12 dari 233 releve. Tindakan ini mengakibatkan pengeluaran sekitar 40 jenis lumut langka, yang mungkin merupakan satu-satunya penyumbang terhadap kekayaan jenis yang meningkat dalam releve-releve yang lebih besar.

Ia menerapkan uji  $\chi^2$  terhadap 24 jenis (termasuk beberapa tumbuhan berpembuluh). Ini memerlukan penghitungan nilai sebanyak  $276 \times 2$ , yaitu  $n \times (n-1)/2 = 24 \times 11,5$ . Ini menghasilkan jumlah besar (35) kombinasi dua-jenis yang lebih sering terdapat bersama-sama dibandingkan dengan harapan bila sebaran mereka sepenuhnya independen. Ia juga menemukan sejumlah kecil (13) kombinasi dua-jenis yang lebih jarang terdapat bersama-sama daripada harapan bila sebaran mereka sepenuhnya independen. Oleh karena itu, jenis terakhir memperlihatkan pola menghindar, yang ditunjukkan oleh nilai  $\chi^2$  negatif yang nyata.

Kelompok pertama kombinasi jenis yang berasosiasi positif dilukiskan dalam diagram jenis (Gambar 10.4) serupa dengan diagram De Vries (Gambar 10.3.). Dalam diagram Huber, posisi masing-masing jenis diletakkan sedemikian rupa sehingga garis-garis yang saling menyilang diminimalkan. Garis-garis penghubung menunjukkan korelasi positif nyata. Tetapi, karena cuplikan tidak dipilih secara acak, pengujian statistik mempunyai nilai yang meragukan. Kekuatan asosiasi antarjenis ditunjukkan dengan jumlah garis penghubung sejajar. Satu garis berarti nilai  $\chi^2$  positif yang nyata pada taraf antara 1 dan 0,5%; dua garis sejajar menunjukkan nilai nyata pada taraf antara 0,5 dan 0,05%; tiga garis sejajar menunjukkan nilai nyata di atas taraf 0,05%.

Huber mengidentifikasi dua kelompok jenis, yaitu kelompok *Pleurozium*, yang ditampilkan di sebelah kiri atas diagram dan kelompok *Isopterygium* di sebelah kiri bawah. Kelompok ketiga dapat dikenal juga pada kanan bawah diagram. Kelompok yang ada hubungannya dengan tanah mineral terdapat pada bagian bawah. Kelompok yang cenderung toleran terhadap gamping ditunjukkan

oleh kelompok *Fissidens* di bagian kanan bawah. Meskipun demikian, amplitudo ekologi jenis tidak diperlihatkan.

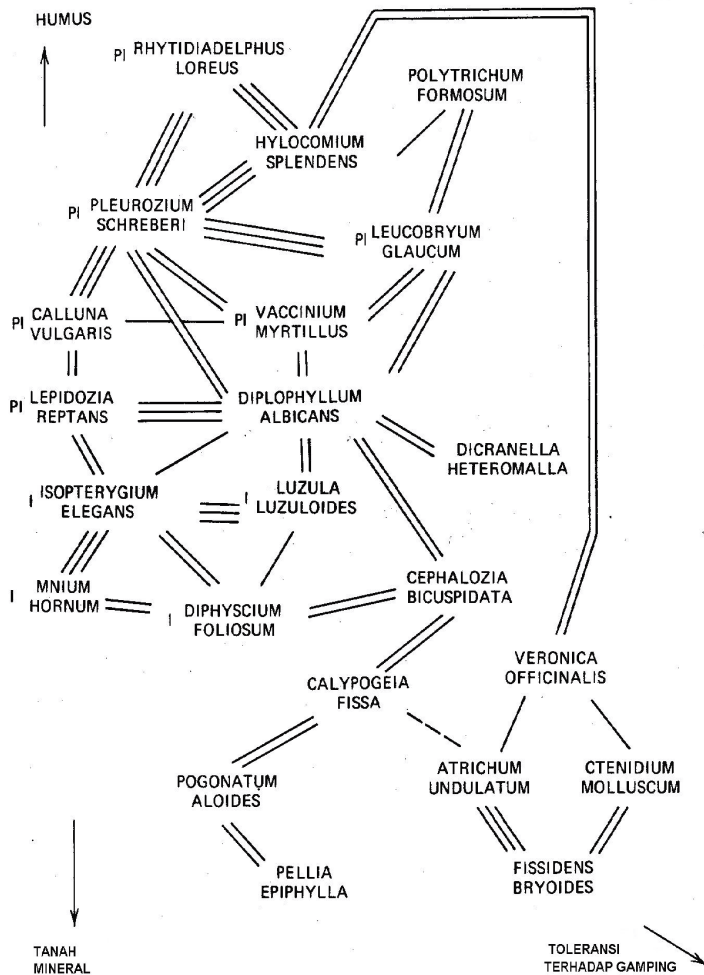
Studi yang serupa dilakukan oleh Agnew (1961). Ia menggunakan 99 kuadrat berukuran 1 m<sup>2</sup> untuk menguji asosiasi jenis dalam sederetan komunitas yang mengandung *Juncus effusus*. Ia mengeluarkan jenis langka, yaitu yang mempunyai nilai konstansi 5%. Dengan demikian, yang tersisa adalah 53 jenis, dan untuk jenis ini ia menghitung keterdapatan bersama teramati dan harapan keterdapatan terisolasi dan ketidakhadiran bersama dari tabel kontingensi 2 x 2. Deviasi nyata antara nilai teramati dan nilai harapan diuji dengan  $\chi^2$ .

Agnew memperlihatkan seluruh matriks nilai  $\chi^2$  untuk 53 jenis yang dicuplik dengan 99 kuadrat. Untuk itu diperlukan penghitungan sebanyak 53 x 52/2 = 1378 nilai  $\chi^2$ . Tetapi, dalam matriks tersebut, ia hanya menunjukkan korelasi positif dan negatif yang nyata.

Ia kemudian membuat diagram, serupa dengan diagram Huber, yang menempatkan posisi jenis yang berasosiasi positif berdekatan. Selain dari itu, jarak antara pasangan jenis didasarkan atas perbandingan terbalik (*reciprocal*) nilai  $\chi^2$ . Oleh karena itu, semakin besar nilai  $\chi^2$ , pasangan-jenis semakin dekat bersama. Tetapi, karena hubungan kesamaan antara sebagian besar jenis selalu tiga dimensi, pelukisan dalam diagram dua dimensi memerlukan beberapa perkiraan. Korelasi nyata ditunjukkan dengan garis-garis penghubung antara masing-masing pasangan-jenis. seperti dalam diagram Huber. Dari diagram Agnew, yang ditampilkan juga oleh Kershaw (1964;142) dan Greig-Smith (1964,197) dan tidak diulangi di sini, tiga kelompok jenis berasosiasi sangat jelas. Dua di antaranya serupa dengan kelompok kiri atas (*Molina coerulea*) dan kanan bawah (*Lolium perenne*) dalam diagram De Vries (Gambar 10.3). Kelompok ketiga hanya meliputi lumut di tempat yang drainasenya paling jelek dari komunitas *Juncus effusus*. Agnew menyimpulkan bahwa kelompok jenis yang berasosiasi tersebut dapat disamakan dengan asosiasi menurut Braun-Blanquet.

Bentuk penyajian hubungan jenis dengan cara Agnew, seperti penyajian De Vries dan Huber, adalah suatu ordinasi, karena kekhasan dari masing-masing jenis ditunjukkan dengan posisinya dalam sebuah model diagramatis. Korelasi jenis, baik dalam studi De Vries maupun Agnew, diperoleh dari kuadrat acak. Oleh karena itu, korelasi-korelasi tersebut dibuat secara objektif, kecuali penentuan ukuran kuadrat. Tetapi, klasifikasi kelompok-kelompok jenis berasosiasi dari model seperti itu masih memerlukan pertimbangan, dan karena itu masih tetap subjektif.

## Perlakuan Matematika Data Vegetasi



**Gambar 10.4** Diagram jenis menunjukkan asosiasi jenis lumut pada tanah hutan dekat Basel, Swiss. Jenis yang dihubungkan dengan garis berkorelasi positif yang ditentukan dengan menerapkan uji chi-kuadrat (*chi-square*). Keterangan: Pl = kelompok *Pleurozium*; I = kelompok *Isopterygium*. (Diambil dari Huber 1955).

Bagi seorang pakar statistik, ini masih merupakan kekurangan (*deficiency*). Akan tetapi, pengaturan jenis dan kekuatan korelasi menunjukkan bahwa batas-batas kelas mempunyai arti. Selanjutnya, pemisahan himpunan jenis menjadi kelas harus dikaitkan dengan seperangkat tujuan. Ini dapat bervariasi bagi vegetasi sama, yang memungkinkan klasifikasi berbeda, yang semuanya benar. Keputusan subjektif harus mendahului apa yang disebut klasifikasi objektif, yang memerlukan banyak sekali manipulasi statistik.

#### 10.4 KLASIFIKASI OBJEKTIF

Prosedur objektif untuk langkah terakhir ini, yaitu klasifikasi kelompok jenis yang berasosiasi, pertama kali diperkenalkan ke dalam ekologi vegetasi oleh Goodall (1953) dan selanjutnya oleh Williams & Lambert (1959; 1960; 1961). Klasifikasi objektif memerlukan banyak sekali penghitungan dan praktis memerlukan fasilitas komputer. Metode yang digunakan terutama hanya mengenai frekuensi kecil, bukannya kuadrat area minimum. Goodall (1953a) menggunakan seperangkat kuadrat 5 m<sup>2</sup> di dalam hutan ekaliptus rendah di Australia. Dalam kuadrat-kuadrat tersebut dicatat kehadiran tumbuhan terna dan berkayu tanpa membuat stratifikasi menurut bentuk-hidup dan data kuantitatif tidak dikumpulkan. Demikian pula Williams & Lambert (1959) menggunakan kuadrat kecil (1 m<sup>2</sup>) di beberapa tegakan kerangas *Calluna* di Inggris dan juga hanya mencatat data kehadiran dan ketidakhadiran. Tentu saja rekaman kehadiran dan ketidakhadiran spesies dalam sejumlah kuadrat menghasilkan data frekuensi, yang dapat dianggap parameter kuantitatif. Frekuensi pada dasarnya sama dengan konstansi atau derajat kehadiran dalam sejumlah releve. Tetapi, frekuensi berlaku bagi seperangkat kuadrat sesukanya, sedangkan konstansi bagi perangkat yang ditentukan oleh macamnya.

Metode klasifikasi objektif pada dasarnya terkait dengan masalah kualitatif komposisi jenis komunitas tumbuhan. Dalam hal ini tujuan dasarnya terkait erat dengan metode releve Braun-Blanquet. Tetapi, kuadrat-kuadrat kecil frekuensi tidak berarti akan mengandung 90% dari jenis yang ada dalam komunitas dalam setiap penempatan, tidak seperti area minimum atau petak releve. Oleh karena itu, klasifikasi dengan komputer berdasarkan kuadrat kecil frekuensi dapat menyimpang dari klasifikasi berdasarkan metode releve.

Metode klasifikasi objektif Goodall (1953a) dibahas secara rinci oleh Greig-Smith (1964,162) dan Kershaw (1964,147). Teknik Williams & Lambert pada dasarnya modifikasi metode Goodall. Salah satu alasan penting untuk dimodifikasi adalah karena metode yang direkomendasikan Goodall memerlukan banyak waktu penghitungan. Metode yang disarankan Goodall adalah pengelompokan jenis berdasarkan jenis yang paling sering terdapat (atau jenis konstan) yang mempunyai korelasi positif yang ditentukan secara signifikan dengan  $\chi^2$ , dan pada setiap tahap jenis tersisa dikumpulkan. Cara ini memerlukan waktu dan tenaga yang luar biasa banyak.

Williams & Lambert merancang metode yang lebih efisien yang memanfaatkan keduanya, baik asosiasi yang positif maupun negatif. Mereka menganggap bahwa dalam klasifikasi vegetasi penggunaan korelasi jenis negatif sama pentingnya seperti penggunaan asosiasi positif. Mereka terutama menekankan hal ini, karena kegagalan penggunaan korelasi negatif cenderung penekanan yang berlebihan tentang kontinuitas sebaran. Sudah pasti bahwa ketidakhadiran jenis konstan sama pentingnya untuk delimitasi unit-unit vegetasi seperti kehadiran jenis konstan. Selanjutnya Williams & Lambert (1959) mengkritik prosedur klasifikasi Goodall, yang cenderung memisahkan unit-unit yang nilai ekologi disangsikan.

Goodall menganggap sebuah kelompok jenis sebagai unit homogen bila tidak ada lagi korelasi positif yang tertinggal yang cukup signifikan yang dapat menghubungkan unit ini dengan sebuah unit lain, atau bila nilai  $\chi^2$  tidak dapat dihitung. Williams & Lambert (1959) menyatakan bahwa bila  $\chi^2$  tidak dapat ditentukan tidak sama dengan tidak signifikan. Mereka lebih senang untuk memisahkan kelompok hanya berdasarkan nilai yang tidak signifikan, tetapi memasukkan korelasi positif dan negatif yang tidak signifikan sebagai kriteria. Kriteria mereka cenderung untuk membedakan unit yang lebih sedikit tetapi lebih signifikan.

Prosedur mereka terdiri atas pemilihan komunitas-dominan (seperti kerangas *Calluna*) dengan ukuran tertentu. Dalam contoh pertama, mereka memilih komunitas kerangas sederhana yang terdiri atas enam jenis (Williams & Lambert 1959). Pecuplikan dibuat dalam area 70 x 220 m dengan 616 kuadrat yang diletakkan secara sistematis dengan jarak antarkuadrat 5 m. Mereka tidak menganggap peletakan kuadrat secara acak merupakan persyaratan untuk penghitungan secara statistik dengan  $\chi^2$ . Mereka berpendapat bahwa mereka dapat menggunakan rancangan peletakan secara sistematis karena mereka hanya mengumpulkan data kehadiran dan ketidakhadiran bukan taksiran kerapatan dan juga karena mereka mencari pola suatu area secara keseluruhan. Mereka menyatakan selanjutnya bahwa kemungkinan kisi-kisi kuadrat akan seirama dengan pola vegetasi sangat kecil. Oleh karena itu, mereka siap untuk mengambil risiko mengingat banyak keuntungan praktis yang dapat diperoleh dengan teknik pencuplikan sistematis.

Data kehadiran dan ketidakhadiran kemudian dianalisis dengan tabel kontingensi 2 x 2. Kehadiran bersama, ketidakhadiran bersama, dan kehadiran tunggal dibandingkan dengan nilai harapan secara statistik bagi setiap kombinasi.

Uji nyata deviasi dilakukan dengan nilai-nilai  $\chi^2$ , yang dihitung untuk masing-masing kombinasi jenis. Nilai-nilai  $\chi^2$  dimasukkan dalam sebuah matriks untuk semua tingkat interaksi jenis.

Sebagai contoh, sebuah matriks  $\chi^2$  terpisah dibuat untuk sejumlah jenis dan untuk kelas-kelas peringkat pertama. Jumlah jenis yang digunakan dalam matriks pertama hanya lima, karena satu jenis yang sangat jarang dengan kehadiran hanya 2% dalam kuadrat dikeluarkan. Untuk lima jenis, jumlah kombinasi adalah  $n \times (n-1)/2 = 5 \times 2 = 10$ . Tetapi, setiap kombinasi dimasukkan ke dalam matriks dua kali untuk memperoleh jumlah masukan yang sama bagi setiap kolom. Hanya  $\chi^2$  yang secara statistik nyata dimasukkan dan nilai-nilai  $\chi^2$  dijumlah bagi setiap kolom dalam matriks, terlepas dari apakah nilai-nilai ini menunjukkan korelasi positif atau negatif.

Jenis dengan jumlah  $\chi^2$  tertinggi dipilih untuk mengklasifikasikan kuadrat menjadi dua kelompok. Kemudian masing-masing dari dua kelompok tersebut ditelaah kembali dan diklasifikasi lebih lanjut berdasarkan jenis dengan jumlah  $\chi^2$  tertinggi berikutnya. Prosedur ini dilanjutkan sampai tidak ada lagi korelasi nyata yang tersisa dalam sebuah kelompok. Pada tahap ini, kelompok dinyatakan sebagai sebuah kelas final.

Williams & Lambert menyebut prosedur pemisahan ini **subdivisi efisien** (*efficient subdivision*), karena setiap subdivisi akan mengakibatkan pengurangan maksimum dari heterogenitas dua subunit yang dihasilkan. Ini menyangkut subdivisi jenis yang dalam dua subkelas yang dibentuk menghasilkan jumlah terkecil korelasi nyata yang tersisa. Jenis ini, yang mempunyai jumlah nilai  $\chi^2$  tertinggi, dapat diinterpretasikan sebagai jenis yang mempunyai korelasi paling kuat. Prosedur ini berbeda dengan prosedur Goodall yang memisahkan jenis yang paling sering terdapat. Dalam prosedur Goodall hanya satu subdivisi efisien muncul pada setiap tahap. Ini adalah subdivisi yang mengandung jenis yang paling banyak terdapat. Subdivisi lainnya agak heterogen. Beberapa subdivisi heterogen dikombinasikan kembali atau dikelompokkan bersama sebelum dibuat subdivisi lebih lanjut. Kemungkinan sekali sistem Goodall akan menghasilkan kelas-kelas final yang serupa, tetapi yang diperoleh melalui proses komputasi yang jauh lebih panjang.

Setelah bereksperimen dengan berbagai bentuk jumlah nilai  $\chi^2$ , Williams & Lambert (1960) menyimpulkan bahwa jumlah  $\sqrt{(\chi^2 / N)}$  adalah indeks asosiasi yang paling sensitif. Tetapi, parameter yang lebih rumit ini hanya dapat diterapkan

secara efisien bila fasilitas komputer tersedia. Mereka membuat program komputer, yang diuji dengan sukses pada empat tutupan vegetasi berbeda. Tiga di antaranya adalah komunitas kerangas *Calluna* dengan jumlah jenis sampai 29. Pencuplikan dilakukan dengan jaringan rapat kuadrat 1 m<sup>2</sup> dengan jarak antarkuadrat tidak lebih dari 10 m. Jarak 10 m menghasilkan pola tidak alami, yang kemudian diperbaiki dengan membuat jarak 2 m pada komunitas lain. Area yang dicuplik bervariasi dari 2.000 m<sup>2</sup> sampai 4 hektare. Dua komunitas menunjukkan asosiasi jenis nyata terkait dengan pola pembakaran dan satu, yang membentang dari rawa pada tanah mineral sampai tanah dengan drainase baik, mempunyai hubungan yang hampir sempurna dengan pola kelembapan tanah seperti ditunjukkan oleh pola asosiasi yang signifikan.

Analisis keempat mengenai rawa penggembalaan yang mengandung 72 jenis yang mencakup daerah seluas 133 ha. Vegetasi pernah disurvei oleh Lambert (1948). Pada waktu itu hanya 115 kuadrat 1 m<sup>2</sup> diletakkan secara subjektif pada titik yang representatif, mungkin komunitas yang tipikal yang sebaran geografinya cukup luas. Analisis komputer menghasilkan unit-unit dengan heterogenitas jauh lebih besar ketimbang pada komunitas *Calluna* yang miskin jenis dan padat cuplikan. Dengan cuplikan terbatas memang diharapkan demikian. Sembilan belas kelas final terbentuk, tetapi 11 di antaranya berisi kurang dari 8 kuadrat. Delapan kuadrat dianggap terlalu sedikit untuk dijadikan landasan perbedaan unit dengan sah. Delapan unit yang lain direduksi lebih lanjut menjadi 5 unit, yang benar-benar mencerminkan entitas ekologi sebenarnya terkait dengan penggembalaan dan variasi tanah.

Peta yang melengkapi penelitian ini (Williams & Lambert 1960, 207) menunjukkan adanya pengelompokan kuadrat cuplikan. Uji statistik mendukung klasifikasi semula secara subjektif. Untuk memperoleh hasil yang sama dengan peletakan kuadrat cuplikan secara objektif akan memerlukan kerapatan pencuplikan yang lebih besar.

Dalam artikel ketiga dari seri yang sama, (Williams & Lambert 1961) membedakan analisis asosiasi tipe baru yang disebut **analisis terbalik** (*inverse analysis*). Prosedur, yang sampai sekarang dibahas, mengacu kepada pemilahan kuadrat berdasarkan pasangan jenis dan disebut **analisis normal**. Segi penting dalam analisis normal adalah klasifikasi kuadrat, bukan klasifikasi jenis.



Sebaliknya, analisis asosiasi terbalik mengacu kepada klasifikasi jenis ke dalam beberapa kelompok dengan mengolah kuadrat yang berisi jenis tersebut. Korelasi pasangan kuadrat diuji dalam berbagai kombinasi.

Analisis normal atau adakalanya disebut juga sebagai teknik-R (Cattell 1952; Sokal & Sneath 1963; Greig-Smith 1964, 199) sama dengan pemilahan pasangan-jenis dalam semua kombinasi menurut kesamaan dan perbedaan keterdapatannya. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan koefisien korelasi jenis atau dengan indeks asosiasi (lihat Bab 10.2). Dalam hal ini, jenis dengan amplitudo yang sama dikelompokkan. Amplitudonya ditunjukkan oleh releve-releve yang berisi jenis tersebut dan releve-releve ini digeser bersama-sama secara horizontal untuk menghasilkan tabel sintesis diferensial (Tabel 9.7). Analisis terbalik atau adakalanya disebut teknik-Q sama dengan pemilahan kuadrat, releve atau tegakan ke dalam kelompok-kelompok kesamaan. Kedua aspek pemilahan ini digabungkan dalam teknik tabulasi Braun-Blanquet.

Analisis komputer yang sama menggunakan  $\sqrt{\chi^2/N}$  sebagai indeks asosiasi telah diterapkan dalam analisis terbalik serta kedua tipe analisis telah digabungkan dan diterapkan untuk data komunitas yang sama. Hasilnya adalah tabel diferensial yang dibuat berdasarkan statistik. Dalam penampilan dan interpretasi ekologi identik dengan tabel diferensial yang dibuat dengan teknik tabulasi (Tabel 9.7). Garis pemisah vertikal membedakan tipe komunitas utama dengan releve atau kuadrat. Blok-blok horizontal membedakan jenis dengan amplitudo yang sebanding (Lambert & Williams 1962).

### **10.5 SINTESIS RELEVE MENGGUNAKAN KARTU BERLUBANG DENGAN LUBANG PENEROPONG**

Dalam memodifikasi metode yang semula disarankan oleh Ellenberg & Cristofolini (1964), Ellenberg (1968a) menggunakan kartu-berlubang (*punch card*) berukuran 26,5 x 28,5 cm untuk memindahkan data releve dengan membuat lubang untuk setiap jenis yang hadir. Kartu-kartu ini, satu kartu untuk masing-masing releve, digunakan memilah-milah tegakan menjadi kelompok-kelompok kesamaan.

Setiap kartu berlubang menunjukkan pembagian utama menjadi jenis pohon (B), perdu (S), terna (K) serta lumut dan lumut kerak (M) (Gambar 10.5, lihat sisipan dalam kantong pada jilid belakang). Dalam setiap kelompok bentuk-hidup, jenis dikelompokkan lebih jauh menurut tipe komunitas yang sudah diketahui. Jenis terna selanjutnya dibagi lagi menurut nilai indikator yang telah diketahui.

Oleh karena itu, pengaturan jenis dalam setiap kartu berlubang didasarkan pada pengetahuan dan pengenalan sebelumnya tentang vegetasi. Ini dilakukan untuk memudahkan pemahaman dari sejak awal. Meskipun demikian, metode yang sama dapat digunakan untuk sembarang urutan jenis.

Jenis dipindahkan dari lembar-releve lapangan ke kartu berlubang dengan sebuah kode nomor. Nomor kode dan nama jenis dicetak pada lembar plastik transparan yang cocok dengan posisi jenis pada kartu berlubang (Gambar 10.6, lihat sisipan dalam kantong pada jilid belakang). Dengan menaruh lembar jenis transparan, setiap kartu berlubang dapat segera dikodifikasi dan dapat dibaca seperti sebuah lembar-releve biasa.

Selain kehadiran, kuantitas setiap jenis dicatat dengan 5 skala penilaian. Lima lubang yang dibuat mengikuti ruang untuk nama jenis menunjukkan bahwa jenis menutup 75% atau lebih area plot, satu lubang pada posisi nama jenis menunjukkan kehadiran beberapa individu dengan penutupan kurang dari 5%. Nilai-nilai lain terletak di antaranya dan sesuai dengan skala penutupan-kelimpahan Braun-Blanquet (Bab 5.4.2.1).

Kartu-berlubang dipilah menurut kesamaan floristik. Selembar kartu berlubang dipilih secara acak dan diletakkan pada sebuah iluminator (*illuminator*). Kartu kedua ditaruh di atas yang pertama dan derajat kesamaannya akan segera tampak. Semakin banyak jumlah lubang bersama semakin besar kesamaan floristiknya. Ini sejalan dengan penghitungan kesamaan floristik secara visual. Penghitungan secara matematika dengan menggunakan indeks kesamaan Jaccard akan menyangkut penghitungan lubang-lubang bersama ditambah lubang-lubang yang setengah disinari (*semi-illuminated holes*). Yang terakhir menunjukkan jenis khas untuk kedua releve.

Dengan cara ini semua kartu dipilah dalam kaitannya dengan kartu pertama yang dipilih secara acak menurut kesamaan komposisi jenis. Tidak jadi masalah kartu mana yang diambil sebagai kartu acuan pertama. Kesamaan semua kartu lainnya akan dimulai dari yang pertama ini dan berkisar dari yang paling sama (jumlah jenis bersama paling besar) sampai ke yang paling tidak sama (tidak ada jenis bersama).

Berdasarkan cara ini dibuat lima tumpukan kartu, yaitu:

- o Tumpukan 1: releve-releve dengan banyak jenis bersama.
- o Tumpukan 2: releve-releve dengan beberapa jenis bersama.
- o Tumpukan 3: releve-releve dengan sedikit jenis bersama.

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

- o Tumpukan 4: releve-releve dengan jenis bersama, yang kadang-kadang hadir
- o Tumpukan 5: releve-releve tanpa jenis bersama.

Proses pemilahan pertama ini hanya pra-pemilahan. Untuk memilah 1.000 kartu diperlukan waktu kira-kira satu jam. Dalam proses pemilahan kedua, selembarnya diambil secara acak dari tumpukan 1. Kemudian tiga kartu lain yang paling cocok dengan kartu pertama dicari dari tumpukan 1. Dengan cara ini empat kartu yang dicocokkan merupakan kartu yang paling mirip. Alasan penggunaan empat kartu bahwa dengan iluminator peneliti dapat mengidentifikasi jenis dengan konstansi 50% atau lebih. Ini berarti bahwa kesamaan didasarkan pertama kepada jenis dengan konstansi 100% (hadir di empat releve), kedua kepada jenis dengan konstansi 75% (hadir di tiga dari empat releve) dan ketiga kepada jenis dengan konstansi 50% (hadir di dua dari empat releve).

Setelah mencocokkan empat kartu yang paling serupa dari tumpukan 1, kartu berikutnya diambil secara acak dari tumpukan 1. Dicari lagi tiga kartu lainnya yang paling mirip dengan kartu kedua yang baru dipilih. Setiap perangkat empat kartu membentuk inti sebuah tipe komunitas (tanpa peringkat). Akan tetapi untuk mempertahankan jumlah tipe komunitas dalam batas yang wajar perlu dibuat sebuah standar. Misalnya untuk hutan kayu keras di Swiss, Ellenberg membatasi komunitas inti pada empat kartu yang mempunyai sepuluh atau lebih jenis bersama. Dengan cara ini, ia memperoleh 27 kelompok empat kartu yang masing-masing mempunyai sepuluh atau lebih jenis bersama.

Untuk mempercepat proses ini, sebuah **kartu-cari** (*search card*) disiapkan dari setiap kelompok inti yang jumlahnya 27 tersebut. Kartu-cari dilubangi dengan memindahkan hanya jenis dengan konstansi 50-100% ke selembarnya baru.

Kemudian sebarang kartu yang diambil dari tumpukan kartu ditaruh di atas iluminator dan kartu-cari secara berturut-turut ditaruh di atasnya, Kartu kemudian dikelompokkan dengan kartu-cari yang paling dekat kesamaannya. Semua kartu diperlakukan sama sampai mengelompok menjadi 27 kelas.

Jika ingin membuat kelompok **jenis diferensial** (*differential species*) dari kartu-kartu releve, **kartu jenis diferensial** (*differential species card*) disiapkan dengan cara sama seperti kartu-cari. Kartu jenis pembeda berfungsi sama seperti **tabel parsial** (*partial tabel*), seperti pengelompokan releve yang mempunyai jenis bersama tertentu.

Jenis yang diketahui mempunyai amplitudo terbatas membentuk jenis pembeda (*differentiating species*). Lubang-lubang untuk jenis tersebut dibuat pada kartu baru, yang kemudian menjadi kartu jenis pembeda. Kartu-kartu releve kemudian dipilah menurut kesamaannya dengan jenis pembeda.

Proses pemilahan ini tidak lagi berdasarkan kesamaan floristik total, seperti pemilahan pertama menjadi 27 kelas. Alih-alih, pemilahan untuk mencari kecocokan yang paling dekat dengan kartu jenis pembeda menekankan kesamaan diagnostik, yang berarti bahwa kesamaan releve diberi bobot untuk memanfaatkan jenis pembeda.

Beberapa proses pemilahan dapat dilaksanakan dengan kartu releve berlubang, seperti pemilahan berdasarkan bentuk-hidup tertentu, kelompok jenis ekologi, atau kelompok jenis dengan afinitas terhadap provinsi floristik tertentu.

Kartu releve dengan lubang peneropong merupakan pengembangan berdasarkan teknik tabel sintesis. Setiap kartu releve berlubang menyerupai kolom dalam tabel sintesis. Perbedaannya adalah urutan jenis, yang semula bercampur dalam tabel sintesis, sudah diatur sebelumnya dalam urutan yang rapi pada petak kartu-berlubang. Pengaturan urutan jenis sebelumnya dibuat berdasarkan pengetahuan yang telah diperoleh karena pengalaman membuat tabel sintesis suatu vegetasi regional.

Metode petak kartu-berlubang banyak menghemat waktu dibandingkan dengan teknik tabel bila releve yang harus dibandingkan banyak sekali. Ellenberg & Klotzli (1972) mengolah lebih dari 3.000 releve Swiss dengan metode ini dan dapat menyelesaikan pemilahan menjadi 27 kelompok dalam waktu 3,5-4 jam. Metode petak kartu-berlubang tidak banyak menghemat waktu kalau jumlah petak kartu-berlubangnya hanya 200.

Metode petak kartu-berlubang lebih baik dibandingkan dengan metode kartu jenis individual bila informasi dalam releve disimpan bersama-sama dalam bentuk yang mudah diakses. Keuntungan khususnya adalah pembandingan releve-releve dalam satu perangkat penelitian dapat dilaksanakan segera. Pembandingan seperti itu tidak mungkin dilakukan dalam teknik tabel setelah beberapa releve dikelompokkan dalam satu kolom pada tabel ringkasan (lihat misalnya Tabel 9.9., Bab 9.5).

Proses pelubangan (*punching*) untuk kartu releve memerlukan waktu lebih sedikit dibanding untuk kartu jenis individual. Tetapi, sekali kartu jenis individual telah diselesaikan, analisis selanjutnya dapat dilakukan dengan

komputer elektronik sehingga banyak waktu dapat dihemat. Oleh karena itu, masa depan pengolahan data releve terletak pada metode komputer, seperti akan diuraikan dalam bab berikutnya.

## 10.6 SINTESIS RELEVE DENGAN KOMPUTER

Dengan perkembangan fasilitas komputer elektronik, khususnya dalam 10 tahun terakhir ini, banyak ekologiwan vegetasi telah mencoba menggunakan teknik perbandingan tabel dengan komputer. Di antara beberapa metode yang berhasil dan cukup menarik bagi kita akan dibahas di bawah ini—terutama yang menggunakan contoh analisis vegetasi Ellenberg 1956, yang di sini digunakan untuk menerangkan dasar-dasar teknik tabel Braun-Blanquet (Bab 9).

Spatz (1969; 1970; dan 1972) menggunakan komputer elektronik untuk membuat simulasi teknik tabel sintesis.

Jenis dari analisis releve dipindahkan ke kartu komputer standar dengan 80 kolom, satu kartu untuk satu jenis. Jenis diidentifikasi dengan nomor kode dan lubang dibuat untuk nomor jenis pada setiap kartu jenis. Nomor kode jenis adalah nilai pertama yang muncul pada setiap kartu. Nilai kedua menunjukkan nomor releve, nilai ketiga adalah kuantitas jenis. Untuk keperluan cetak-komputer (*computer print out*) nama jenis lengkap pada tabel sintesis, selebar kartu kedua disiapkan untuk setiap jenis yang menyandang nama yang ditulis penuh. Kartu ini selanjutnya dapat dilengkapi dengan informasi tentang bentuk-hidup jenis tersebut, nilai indikator ekologi, dan data bermanfaat lain jenis tersebut.

Hasil analisis data dalam bentuk **tabel sintesis diferensial** (*differentiated synthesis Tabel*) diperoleh dengan dua program terpisah.

### 10.6.1 PEMILAHAN JENIS DENGAN KONSTANSI

Dalam program pertama, kedua set kartu jenis dimasukkan ke dalam komputer. Komputer diprogram untuk menghitung nilai konstansi setiap jenis, baik nilai absolut (yaitu jumlah berapa kali jenis hadir dalam jumlah total releve yang dibandingkan) maupun nilai persen. Pada tahap ini komputer dapat mencetak tabel kasar, yang menunjukkan nama di sebelah kiri tabel menurut urutan nomor kode jenis. releve ditulis berdasarkan nomor urut pada bagian atas tabel. Kuantitas jenis ditunjukkan pada baris horizontal untuk setiap jenis dan dalam kolom vertikal untuk setiap releve. Dua nilai konstansi ditunjukkan pada ujung kanan tabel.

Dua puluh lima tegakan padang rumput *Arrhenatherum* pada Tabel 9.2 dianalisis dengan komputer dengan menggunakan metode ini. Cetak-komputer tabel kasar disajikan sebagai Tabel 10.6.

Langkah berikutnya adalah pemilahan ulang urutan jenis berdasarkan urutan nilai konstansi yang menurun. Urutan releve tetap sama. Hasil pengaturan ulang jenis dicetak sebagai tabel konstansi (Tabel 10.7).

### **10.6.2 PEMILAHAN RELEVE MENURUT KELOMPOK KESAMAAN**

Dalam langkah ketiga dari program pertama, kesamaan antara releve dihitung. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan sembarang indeks kesamaan. Penghitungan dalam contoh ini menggunakan indeks kuantitatif Jaccard yang dimodifikasi oleh Spatz (Bab 10.15).

Satu releve dipilih jadi tegakan acuan. Ini adalah contoh tegakan yang dianggap ekstrem dalam kelompok tegakan yang sedang dibandingkan, tetapi cukup ada hubungan dengan kelompok sehingga tidak mewakili tipe yang berbeda sekali. Pemilihan tegakan ini dapat dibuat lebih objektif dengan menggunakan, misalnya, kriteria yang diusulkan Swan & Dix (1966) (lihat Bab 10.7.2.1).

Untuk program ini dipilih releve 10 karena memenuhi persyaratan tersebut di atas. Dapat dicatat bahwa releve 10 dipakai sebagai tegakan kedua dalam tabel pembeda yang dibuat secara manual (Tabel 9.7).

Langkah ketiga dalam program pertama tidak hanya melibatkan penghitungan kesamaan floristik antar-releve, tetapi juga ordinasi linear dari releve. Ini menghasilkan pra-pemilahan tegakan untuk klasifikasi. Proses ini akan dijelaskan dengan menggunakan tabel uji korelasi yang dicetak komputer (Tabel 10.8).

Pada baris pertama Tabel 10.8 dicatat tegakan acuan terpilih (releve 10) dan waktu yang digunakan untuk penghitungan tabel uji korelasi.

Semua releve kemudian dibandingkan dengan tegakan acuan dan indeks kesamaannya dihitung. Untuk 25 releve akan terdapat  $n-1 = 24$  indeks kesamaan (nilai IS). Perbandingan 24 tegakan dengan releve 10 ditunjukkan dengan masing-masing nilai IS pada empat baris berikutnya dalam Tabel 10.8. Nilai IS dihitung sampai empat desimal. Komputer kemudian diprogram untuk membaca 24 nilai IS ini dan untuk memilih tegakan-tegakan yang memiliki kesamaan dengan tegakan acuan pertama paling sedikit 20%. Enam tegakan memenuhi kriteria ini. Ini dicetak pada baris ke enam dalam tabel uji korelasi dan dapat segera dikenal dengan nilai IS yang dicetak dengan dua desimal. Keenam

tegakan membentuk sebuah kelompok kesamaan bersama dengan tegakan acuan, yang merupakan tegakan ketujuh, nilai *IS* sebesar 20% dianggap mencerminkan kesamaan floristik yang cukup tinggi. Dalam indeks Jaccard yang dimodifikasi Spatz, 20% berarti kesamaan lebih besar dari 50% bila indeks kuantitatif Sørensen digunakan (Tabel 10.2). Nilai *IS* sebesar 20% digunakan sebagai batas untuk sebuah kelompok kesamaan. Tentu saja ini adalah nilai batas sesukanya, tetapi nilai ini diambil berdasarkan pengalaman lapangan mengenai studi komunitas rumput dan evaluasi kuantitatif dengan nilai biomassa tumbuhan.

Setelah pemilihan kelompok kesamaan pertama dari (n-1) nilai *IS*, komputer kemudian memilih tegakan berikutnya yang paling sama dengan tegakan acuan pertama. Ini adalah releve 9 dengan kesamaan 28,1% terhadap releve 10. Komputer merekam releve 9 sebagai tegakan kedua dalam baris ketujuh pada Tabel 10.8. Ini juga berarti bahwa releve 9 menjadi tegakan kedua dalam ordinasasi linear.

Dalam langkah berikutnya, lima tegakan tersisa dari kelompok kesamaan pertama dibandingkan dengan releve 9 dan dihitung indeks kesamaannya. Nilai-nilai *IS* terhadap releve 9 dicetak pada baris kedelapan. Selanjutnya komputer akan mencari nilai tertinggi. Nilai *IS* tertinggi adalah 29,1 antara releve 9 dan releve 3. Tegakan 3 akan menjadi releve ketiga dalam ordinasasi linear.

Empat tegakan yang tersisa dari kelompok kesamaan pertama kemudian dibandingkan dengan releve 3. Tegakan yang paling sama (releve 24 dengan kesamaan 35,7 terhadap releve 3) dipilih dengan komputer, dan tegakan keempat diperoleh untuk ordinasasi linear. Proses ini berlangsung terus sampai semua tegakan dari kelompok kesamaan pertama diordinasikan. Urutan tegakan yang terpilih adalah 10, 9, 3, 24, 15, 1, dan 4. Releve 4 adalah tegakan terakhir dari kelompok kesamaan pertama.

Komputer memindai sekali lagi nilai-nilai *IS* antara releve-releve dalam perangkat pertama dan releve 10, yang merupakan releve acuan pertama. Komputer sekarang memilih tegakan yang mempunyai *IS* dengan releve 10 tepat di bawah ambang batas 20% nilai kesamaan. Tegakan tersebut adalah releve 20, yang mempunyai nilai *IS* 15, 65% dengan releve 10. Releve 20 kemudian menjadi tegakan acuan kedua dari kelompok kesamaan kedua. Dalam tabel uji korelasi, releve 20 tertera sebagai tegakan kedelapan dalam ordinasasi linear. Sekarang semua tegakan yang belum diolah dibandingkan dengan releve 20. Ini menghasilkan cetak-komputer  $25-8=17$  nilai *IS* baru. Ini mudah dilihat pada tabel uji korelasi sebagai perangkat kedua nilai *IS* yang dihitung sampai empat desimal.

Tabel 10.6 Tabel 25 releve *Arrhenatherum* yang ditunjukkan dalam Tabel 9.2. (Diambil dari Spatz 1970)

Jenis, No. Jenis	No. Urut																									Konstansi				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Absolut	Persen			
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	+	1	2	2	4	4	4	5	8	9	10	11	12	13	14	15	15	15	15	22	22	24	24	25	26	30	35	25	100,0
<i>Dactylis glomerata</i>	2	5	5	15	5	12	12	4	10	2	6	12	92	15	10	6	15	15	18	1	5	18	8	8	8	18	25	100,0		
<i>Helictotrichon pubescens</i>	3	1	1	1	20	8	3	4	4	+	1	4	1	4	1	13	4	4	4	28	+	2	1	1	1	16	64,0			
<i>Bromus erectus</i>	4	50	35	74	1	1	1	1	47	21	1	1	1	1	1	37	1	1	1	1	1	1	1	10	1	7	28,0			
<i>Festuca ovina</i>	5	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	16,0			
<i>Poa pratensis</i>	6	4	74	10	5	4	2	3	4	10	6	25	2	5	15	10	5	10	1	6	1	9	16	20	10	25	100,0			
<i>Briza media</i>	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	5	20,0			
<i>Koeleria pyramidata</i>	8	3	1	1	2	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	16,0			
<i>Festuca rubra</i>	9	15	1	2	2	+	+	+	3	4	2	2	1	1	6	1	2	+	2	+	+	+	2	+	+	15	60,0			
<i>Festuca pratensis</i>	10	5	3	20	3	2	8	5	2	10	10	2	2	6	5	28	12	10	2	15	15	2	2	3	23	92,0	92,0			
<i>Trisetum flavescens</i>	11	2	5	1	8	1	1	3	1	1	1	1	1	6	4	10	5	5	8	8	16	4	2	1	15	60,0	60,0			
<i>Alopecurus pratensis</i>	12	1	1	1	2	8	10	1	1	1	6	4	1	1	4	1	1	2	1	15	10	1	1	1	9	36,0	36,0			
<i>Holcus lanatus</i>	13	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	+	2	+	2	+	+	15	12	48,0	48,0			
<i>Deschampsia caespitosa</i>	14	1	1	1	1	1	1	2	1	1	28	1	1	1	1	1	10	2	1	5	1	1	1	1	7	28,0	28,0			
<i>Poa trivialis</i>	15	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4,0			
<i>Phleum pratense</i>	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4,0			
<i>Festuca arundinacea</i>	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4,0			
<i>Lolium perenne</i>	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4,0			
<i>Glyceria fluitans</i>	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	1	1	1	1	1	1	1	4,0			
<i>Phalaris arundinacea</i>	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28	1	1	1	1	1	1	1	4,0			
<i>Phragmites communis</i>	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4,0			
<i>Brachypodium pinnatum</i>	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4,0			
<i>Carex flacca</i>	23	2	1	3	1	1	1	1	1	1	4	1	1	2	1	3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	6	24,0			
<i>Carex acutiformis</i>	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	5	20,0			
<i>Carex hirta</i>	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	8,0			
<i>Carex panicea</i>	26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4,0			
<i>Carex gracilis</i>	27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	4,0			
<i>Trifolium pratense</i>	28	+	+	1	+	4	1	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	+	+	+	2	2	18	72,0	72,0			
<i>Trifolium repens</i>	29	1	1	1	1	2	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	56,0			
<i>Medicago lupulina</i>	30	1	1	1	1	2	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	68,0			



Klasifikasi dan Ordinasii Data Vegetasi

Tabel 10.6 (Lanjutan 1)

Jenis, No. Jenis	No. Urut																				Konstansi							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Absolut	Persen	
<i>Vicia sepium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	28,0
<i>Lotus corniculatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	16,0
<i>Lathyrus pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	40,0
<i>Vicia cracca</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0
<i>Achillea millefolium</i>	6	+	3	1	2	.	.	.	2	8	.	1	4	16	2	5	12	.	.	6	+	4	+	3	+	21	84,0	
<i>Daucus carota</i>	1	+	1	+	1	+	1	5	1	1	.	.	2	.	.	.	.	1	.	1	+	.	.	.	.	20	80,0	
<i>Campanula rotundifolia</i>	1	+	1	+	1	+	1	4	1	1	+	1	4	2	1	2	1	1	+	1	1	1	2	8	+	25	100,0	
<i>Plantago lanceolata</i>	1	1	1	1	2	1	4	4	1	1	+	1	26	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	56,0	
<i>Heracleum sphondylium</i>	3	2	7	1	3	24	6	4	2	12	5	6	10	14	3	5	3	6	2	5	1	3	12	3	2	25	100,0	
<i>Galium mollugo</i>	1	+	3	+	4	2	1	2	5	+	3	1	2	1	1	1	1	1	+	3	+	1	1	6	.	23	92,0	
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	+	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0
<i>Scabiosa columbaria</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0
<i>Linum catharticum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0
<i>Rumex acetosa</i>	44	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19	80,0
<i>Ranunculus acer</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23	92,0
<i>Thymus serpyllum</i>	1	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0
<i>Cerastium caespitosum</i>	46	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	48,0
<i>Centaurea jacea</i>	+	1	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	56,0
<i>Taraxacum officinale</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18	72,0
<i>Campanula glomerata</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	28,0
<i>Veronica chamaedrys</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22	88,0
<i>Plantago media</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	56,0
<i>Stilene inflata</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	12,0
<i>Leontodon hispidus</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	16,0
<i>Crepis biennis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	15	60,0
<i>Myosotis arvensis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	8,0
<i>Ajuga reptans</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16	64,0
<i>Salvia pratensis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0
<i>Knautia arvensis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	12,0
<i>Viola hirta</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	24,0
<i>Ballis perennis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	44,0
<i>Dianthus superbus</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	16,0
<i>Pimpinella saxifraga</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	8,0
<i>Galium boreale</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	16,0
<i>Cirsium oleraceum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	56,0

Tabel 10.6 (Lanjutan 2)

Jenis, No. Jenis	No. Urut																								Konstansi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
No. Releve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
66	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
67	.	.	.	.	2	1	+	.	.	.	.	+	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
68	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
69	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
70	.	.	.	.	2	1	5	.	.	.	3	+	+	.	1	+	1	+	.	1	+	.	.	.	.
71	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	+	+	1	.	1	+	+	.	+	+	.	.	.	.
72	.	.	.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
73	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
74	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
75	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
76	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
77	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
78	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
81	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
82	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
83	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
84	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
85	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
86	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
87	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
88	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
89	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
90	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
91	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
92	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
93	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
94	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Jumlah per releve	98	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Klasifikasi dan Ordinas Data Vegetasi

Tabel 10.7 Tabel konstansi yang dicetak komputer (diambil dari Spatz 1970)

Jenis, No. Jenis	No. Urut																									Konstansi	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	+	1	2	2	4	4	4	5	8	9	10	10	12	13	14	15	15	15	22	22	24	25	25	26	30	35
<i>Dactylis glomerata</i>	2	5	5	15	5	12	12	4	10	2	6	12	32	15	10	6	15	15	18	1	5	18	8	8	8	18	
<i>Poa pratensis</i>	6	4	74	10	5	4	2	3	4	10	8	6	25	2	5	15	10	5	10	1	6	1	9	16	20	10	
<i>Plantago lanceolata</i>	38	1	1	1	1	2	1	4	4	1	1	+	1	4	2	1	2	+	1	+	1	1	1	2	8	+	
<i>Galium mollugo</i>	40	3	2	7	1	3	24	6	4	2	12	5	6	10	14	3	6	2	5	1	3	12	3	2	2	2	
<i>Festuca pratensis</i>	10	+	5	3	+	20	3	2	8	5	2	10	10	2	2	6	5	2 <sup>2</sup>	12	10	2	15	15	2	2	3	
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	41	+	+	+	+	4	2	1	2	5	3	1	2	2	1	1	1	1	+	+	3	+	1	1	6	+	
<i>Ranunculus acer</i>	45	+	+	+	1	2	2	+	+	3	1	+	+	2	1	+	+	+	+	+	1	+	2	+	+	+	
<i>Veronica chamaedrys</i>	51	+	+	+	+	1	1	+	1	+	1	+	1	+	+	1	+	+	+	+	1	1	+	2	+	1	
<i>Achillea millefolium</i>	35	6	+	3	1	2	+	1	1	2	8	+	1	4	16	2	5	+	12	+	6	+	4	+	3	+	
<i>Daucus carota</i>	36	1	1	1	+	1	1	5	1	1	1	+	2	1	4	2	+	+	1	+	1	+	+	2	+	+	
<i>Rumex acetosa</i>	44	+	+	+	+	+	2	1	3	+	2	1	1	2	1	2	+	1	+	+	1	+	+	1	+	1	
<i>Trifolium pratense</i>	28	+	+	1	+	4	1	1	+	+	+	+	+	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2	2	+	
<i>Taraxacum officinale</i>	49	+	+	+	+	3	1	3	1	+	+	+	+	+	2	+	+	+	+	+	+	+	4	+	+	+	
<i>Medicago lupulina</i>	30	1	+	+	+	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	1	+	+	+	
<i>Helictotrichon pubescens</i>	3	1	1	+	+	20	8	3	+	4	+	1	4	+	+	+	13	4	4	+	28	+	2	+	1	+	
<i>Ajuga reptans</i>	57	+	+	+	+	+	+	+	1	3	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Festuca rubra</i>	9	15	+	2	5	8	+	+	+	3	4	2	2	1	+	6	+	2	+	2	+	2	+	2	+	+	
<i>Trisetum flavescens</i>	11	+	+	+	+	2	1	+	8	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	1	+	1	6	+	+	
<i>Crepis biennis</i>	55	+	+	+	+	2	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Trifolium repens</i>	29	+	+	+	+	2	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Heracleum sphondylium</i>	39	+	+	1	+	3	+	4	+	+	+	+	+	26	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	
<i>Centaurea jacea</i>	48	+	1	6	+	2	3	+	+	+	+	+	+	1	4	+	2	2	+	+	2	+	+	+	+	+	
<i>Plantago media</i>	52	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Cirsium oleraceum</i>	65	+	+	+	+	12	20	20	+	+	+	3	+	+	18	+	+	+	2	+	+	+	+	+	+	3	
<i>Geum rivale</i>	70	+	+	+	+	2	1	5	+	+	+	3	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Campanula rotundifolia</i>	37	1	+	+	1	1	1	2	+	+	+	1	1	1	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Holcus lanatus</i>	13	+	+	+	+	1	1	1	2	+	+	2	+	1	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Cerastium caespitosum</i>	47	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Prunella vulgaris</i>	74	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Bellis perennis</i>	61	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Tabel 10.7 (Lanjutan 1)

Jenis, No. Jenis	No. Urut																									Konstansi	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Absolut	Persen
Melandrium diurnum						2	1								1											11	44,0
Lathyrus pratensis						1	+													1						10	40,0
Alopecurus pratensis				2		8		10				6	4					2			15	10				9	36,0
Lysimachia nummularia								1																		8	32,0
Bronus erectus	4	50	35	74					47	21														10		7	28,0
Daschampsia cespitosa											28				1				2		5					7	28,0
Vicia sepium						1																				7	28,0
Campanula glomerata						1						1														7	28,0
Tragopogon pratensis						2							1													7	28,0
Lychnis flos-cuculi																										7	28,0
Carex flacca														2	1	3	2									6	24,0
Viola hirta																										6	24,0
Glechoma hederacea										2	3															6	24,0
Angelica silvestris																										6	24,0
Senecio jacobaea																										6	24,0
Briza media										2	1															5	20,0
Carex acutiformis											4								2		1					5	20,0
Vicia cracca																										5	20,0
Scabiosa columbaria																										5	20,0
Linum catharticum																										5	20,0
Thymus serpyllum																										5	20,0
Salvia pratensis										2	5													4		5	20,0
Anthriscus silvestris																										5	20,0
Festuca ovina																										5	20,0
Koeleria pyramidata																										4	16,0
Lotus corniculatus																										4	16,0
Leontodon hispidus																										4	16,0
Dianthus superbus																										4	16,0
Galium boreale																										4	16,0
Filipendula ulmaria																										4	16,0
Pimpinella magna																										4	16,0
Polygonum bistorta																										4	16,0
Silene inflata																										3	12,0
Knautia arvensis																										3	12,0
Potentilla reptans																										3	12,0

Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

Tabel 10.7 (Lanjutan 2)

Jenis, No. Jenis	Konstansi																										
	No. Urut	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
No. Relieve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Absolut	Persen																								Absolut	Persen	
Pastinaca sativa	83	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Stilau pratensis	87	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Carex hirta	25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
Carex gracilis	27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	2	
Myosotis arvensis	56	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
Pimpinella saxifraga	63	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
Cardamine pratensis	80	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
Myosotis palustris	81	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
Galium verum	86	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
Euphrasia odontites	89	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
Rumex crispus	91	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
Poa trivialis	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Phleum pratense	16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Festuca arundinacea	17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Lolium perenne	18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	1	
Glyceria fluitans	19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Phalaris arundinacea	20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20	.	.	.	.	.	.	1	
Phragmites communis	21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	28	.	.	.	.	.	.	1	
Brachypodium pinnatum	22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Carex panicea	26	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Geranium pratense	82	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Galium uliginosum	84	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Sanguisorba officinalis	85	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Ranunculus repens	88	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Lamium album	90	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Polygonum convolvulus	92	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Chenopodium album	93	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Alchemilla vulgaris	94	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
Jumlah per releve		98	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Sekarang proses ini diulang dengan nilai 17 *IS* seperti diuraikan sebelumnya untuk nilai 24 *IS* permulaan. Ini berarti bahwa komputer memilih kelompok kesamaan kedua dari perbandingan 17 *IS* dengan memindai nilai-nilai tersebut bagi releve dengan setidaknya-tidaknya 20% kesamaan dengan tegakan acuan kedua, yaitu releve 20. Ini mencakup sembilan releve, yang mudah dilihat pada tabel korelasi di bawah releve 20 sebagai tegakan-tegakan yang nilai *IS*-nya dihitung sampai dua desimal. Dari sembilan releve ini, releve 22 adalah releve yang paling sama dengan releve 20 dan menjadi tegakan ke sembilan dalam ordinasi linear. Tegakan-tegakan lain dalam kelompok kesamaan ini kemudian dibandingkan dengan releve 22, proses ordinasi dilanjutkan sampai sembilan tegakan dalam kelompok kesamaan tersebut diletakkan pada urutan tempat yang benar.

Setelah itu tegakan acuan dan kelompok kesamaan ketiga dipilih dengan kriteria yang sama. Tegakan acuan ketiga adalah tegakan yang berbagi nilai *IS* dengan tegakan acuan kedua tepat di bawah nilai ambang 20%. Pilihan jatuh pada tegakan releve 23. Akan tetapi, tampak dalam tabel uji korelasi bahwa tidak ada satu pun dari tujuh releve yang tersisa mempunyai nilai kesamaan 20% atau lebih terhadap tegakan acuan ketiga. Oleh karena itu tidak dibuat kelompok kesamaan. Tegakan berikutnya setelah releve 23 adalah tegakan yang paling sama, meskipun tidak mencapai kesamaan minimum 20%. Ini adalah releve 8, yang mempunyai nilai *IS* hanya 17,97% terhadap releve 23. Selanjutnya, enam tegakan tersisa dibandingkan dengan releve 8. Hanya satu di antaranya, yaitu releve 11 yang menunjukkan kesamaan lebih besar daripada 20% terhadap releve 8. Jadi kelompok kesamaan ketiga hanya terdiri atas dua tegakan, yaitu releve 8 dan 11.

Proses ini dilanjutkan sampai 25 releve diordinasikan menurut kriteria tersebut di atas. Komputer kemudian mencetak tabel yang diordinasikan (Tabel 10.9), yang menunjukkan urutan baru releve yang dibuat dengan kriteria kesamaan kelompok. Garis pemisah kelompok tidak dicetak oleh komputer, tetapi dibuat kemudian dari pemisahan kelompok yang dibuat dalam tabel uji korelasi (Tabel 10.8).

Dapat dicatat bahwa komputer hanya membuat klasifikasi awal. Dua kelompok kesamaan besar dan sebuah kelompok kecil dipisahkan. Kelompok pertama terdiri atas tujuh releve, kelompok kedua sepuluh releve dan kelompok ketiga hanya dua releve (yaitu releve 8 dan 11). Proses ini menyisakan enam tegakan tidak terkelompokkan, karena enam releve ini berbagi indeks kesamaan kurang dari batas ambang 20% yang ditentukan. Dengan kata lain, mereka

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

merupakan kelompok-kelompok atau kelas-kelas tersendiri dan dapat dikatakan bahwa komputer membuat  $3+6=9$  kelas terpisah.

Sembilan kelas tersebut tampaknya tidak merupakan pemisahan berarti dari 25 cuplikan releve *Arrhenatherum*. Dalam Tabel 9.7, data asal dipisahkan menjadi tiga kelas. Tetapi, bila diperhatikan secara saksama, urutan releve dan garis-garis pemisah menunjukkan bahwa komputer membuat suatu hasil yang mirip.

Berikut ini adalah tabulasi dua baris angka-angka yang sesuai dengan posisi berurut nomor releve asal pada kepala Tabel 9.7 (di sini baris pertama) dengan urutan yang dibuat komputer (di sini baris bawah) seperti dicatat pada kepala Tabel 10.9. Kelompok-kelompok kesamaan yang dihasilkan komputer digarisbawahi pada baris bawah. Huruf *A*, *B*, dan *C* pada baris atas menunjukkan tiga unit vegetasi yang dikenal dalam Tabel 9.7.

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
4, 10, 1, 9, 15, 3, 24, 2	16, 18, 12, 20, 5, 22	23, 19, 13, 7, 6, 11, 8, 21, 25, 14, 7
<u>10, 9, 3, 24, 15, 1, 4</u>	<u>  20, 22, 13, 5, 18, 16, 17, 21, 12, 6</u>	<u>  23, 8, 11, 14, 7, 25, 19, 2</u>

Kelompok pilihan komputer pertama bertepatan sekali dengan kelompok *Arrhenatherum-Bromus erectus* (*A*). Tetapi, releve 2 disisihkan ke ujung deretan pilihan komputer karena releve ini berbagi *IS* rendah dengan releve 10 (10,5%). Kelompok pilihan komputer kedua berisi semua (enam) releve tipe *B* *Arrhenatherum* dan juga empat releve tipe *C*. Semua releve yang tersisih ke ujung deretan pilihan komputer adalah semua tegakan cuplikan tipe *C* *Arrhenatherum*—*Circium oleraceum*, kecuali releve 2. Releve 2 juga dibuang oleh komputer dari kelompok kesamaan kedua karena nilai *IS* terhadap releve 20 hanya 18,5%, kurang dari nilai ambang *IS* 20%. Tetapi, perlu dicatat bahwa nilai *IS* dengan releve 20 adalah yang tertinggi dalam tabel uji korelasi. Nilai *IS* dengan releve sebelahnya (19) jauh lebih rendah, yaitu 9,4%.

Oleh karena itu, pada tahap ini penyesuaian perlu dibuat dengan menempatkan releve 2 ke muka tepat sebelum releve 20. Demikian juga releve 25 perlu disesuaikan dengan menempatkannya di mukaa releve 23, karena nilai *IS* dua releve ini lebih tinggi (16,5%) daripada nilai *IS* releve 7 sebelahnya dengan releve 25 (10,5%).

**Tabel 10.8** Tabel uji korelasi dan indeks kesamaan (nilai /S) dari releve Arhenatherum. Dari Spatz 1970

Uji korelasi																	
1																	
1.	Releve terpilih = 10	Waktu = 475 Det.															
10	1	27,6400	10	2	10,4642	10	3	21,7299	10	4	20,4219	10	5	6,1694	10	6	9,3549
10	7	7,5261	10	8	4,8181	10	9	28,1280	10	11	4,9303	10	12	15,4463	10	13	10,8711
10	14	12,3390	10	15	24,8092	10	16	11,9514	10	17	8,8293	10	18	12,6139	10	19	1,3149
10	20	15,6504	10	21	4,9940	10	22	10,1286	10	23	12,4427	10	24	20,0096	10	25	7,1391
10	1	27,6	10	3	21,7	10	4	20,4	10	9	28,1	10	15	24,8	10	24	20,0
2.	Jumlah Releve = 9																
9	1	27,8	9	3	29,1	9	4	24,1	9	15	27,6	9	24	20,4			
3.	Jumlah Releve = 3																
3	1	21,2	3	4	27,0	3	15	30,4	3	24	35,7						
4.	Jumlah Releve = 24																
24	1	27,6	24	4	13,1	24	15	27,9									
5.	Jumlah Releve = 15																
15	1	37,2	15	4	32,6												
6.	Jumlah Releve = 1																
1	4	40,8															
7.	Jumlah Releve = 4																
Nilai /S tertinggi di bawah 20																	
8. Jumlah Releve = 20																	
20	2	19,5410	20	5	24,0421	20	6	28,9570	20	7	15,6250	20	8	10,3761	20	11	10,2276
20	12	23,6054	20	13	26,0037	20	14	14,4213	20	16	21,2357	20	17	29,3566	20	18	25,1658
20	19	6,8421	20	21	22,3390	20	22	32,0178	20	23	18,7638	20	25	13,7427	20	5	24,0
20	6	29,0	20	12	23,6	20	13	26,0	20	16	21,2	20	17	29,4	20	18	25,2
20	21	22,3	20	22	32,0												
9.	Jumlah Releve = 22																
22	5	32,8	22	6	21,6	22	12	25,8	22	13	38,9	22	16	23,0	22	17	28,6
22	18	30,5	22	21	24,9												
10. Jumlah Releve = 13																	
13	5	34,8	13	6	32,1	13	12	16,6	13	15	24,6	13	17	27,2	13	18	30,8





**Tabel 10.9** Tabel releve yang diordinasikan dengan komputer. Spesies diurut menurut nilai konstansi yang menurun seperti dalam Tabel 10.7. Dari Spatz 1970

Jenis, No. jenis	No. Unit																									Kuantitas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<i>Aerobonanthus aethiops</i>	1	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Oenothera glomerata</i>	2	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Poa pratensis</i>	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<i>Pteris longifolia</i>	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sedum album</i>	40	12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Festuca pratensis</i>	50	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Cyperus tenuis</i>	44	5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Ranunculus acris</i>	46	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Ranunculus repens</i>	51	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Scilla maritima</i>	35	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Senecio carolin</i>	34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ranunculus</i>	44	5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Trifolium pratense</i>	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Trifolium repens</i>	49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Briza media</i>	50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Galium aparine</i>	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Lygus rubrus</i>	47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Festuca rubra</i>	9	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Trifolium flavescens</i>	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Opuntia stricta</i>	55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Trifolium repens</i>	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ranunculus abortivus</i>	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Centurus jacob</i>	48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Plantago media</i>	45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cynodon dactylon</i>	66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Senecio vulgaris</i>	70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cyperus tenuis</i>	44	5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Senecio vulgaris</i>	70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cyperus tenuis</i>	44	5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Senecio vulgaris</i>	47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Senecio vulgaris</i>	74	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1





Metode Spatz's tentang ordinasasi tegakan secara linear melalui kelompok kesamaan dengan nilai ambang menghasilkan pemilahan awal yang baik, tetapi penyesuaian akhir tentang urutan tegakan mungkin diperlukan. Kesulitan yang sama akan ditemui bila semua (25) tegakan harus dibandingkan satu terhadap yang lain, yang menghasilkan  $n \times (n-1)/2$  atau 300 nilai *IS*. Pengurutan tegakan satu terhadap lain berdasarkan nilai kesamaannya sering kali memisahkan tegakan-tegakan yang mirip terletak jauh pada ordinasasi linear. Hal tersebut disebabkan oleh kenyataan bahwa hubungan kesamaan floristik sebenarnya berdimensi banyak. Penampilan dalam urutan linear yang berdimensi satu hanya sebuah taksiran kasar. Meskipun demikian, taksiran ini mempunyai keuntungan besar yang menunjukkan bahwa semua jenis ditampilkan bersama variasi antartegakannya dalam satu tabel. Hal tersebut tidak mungkin ditampilkan dalam ordinasasi berdimensi banyak.

Seperti halnya dalam semua ordinasasi, klasifikasi masih tetap bergantung kepada pertimbangan peneliti. Mengikuti penyesuaian urutan dua releve yang dibahas di atas, Spatz membagi urutan linear releve menjadi tiga kelas (bukannya sembilan kelas yang ditunjukkan komputer). Ia menggunakan kelas-kelas buatan komputer pertama dan kedua dan membuat kelas ketiga.

### 10.6.3 PEMILIHAN JENIS PEMBEDA

Program komputer kedua disiapkan setelah kelas-kelas atau tipe komunitas dibangun. Kartu jenis sekali lagi dimasukkan ke komputer. Komputer diprogram untuk memilih jenis yang berasosiasi dengan satu atau dua dari tiga tipe komunitas yang baru saja dibangun. Ini adalah jenis yang memungkinkan kita mengenal dan membedakan cuplikan vegetasi di lapangan apakah cuplikan ini termasuk ke dalam salah satu dari kelas-kelas yang telah dibangun di atas. Atas pertimbangan ini, jenis tersebut disebut jenis pembeda.

Dua tipe jenis pembeda dapat dibuat. Jenis pembeda tipe 1 adalah jenis yang hadir dengan nilai konstansi minimum 50% dalam satu atau dua tipe komunitas, tetapi hadir di luar tipe komunitas tersebut tidak lebih dari 10%. Jenis pembeda tipe 2 terdapat minimum dengan konstansi 50% dalam tipe-tipe komunitas terpilih, tetapi tidak lebih dari 20% di luar tipe-tipe komunitas terpilih tersebut. Pertama-tama jenis dipilah-pilah dengan konstansi total. Kemudian komputer menghitung nilai konstansi dan biomassa rata-rata setiap jenis dalam setiap kelas atau tipe komunitas.

Jenis pembeda kemudian dipilih oleh komputer menurut kriteria kelas konstansi; pertama untuk setiap tipe komunitas dan selanjutnya untuk sembarang kombinasi dua tipe komunitas. Jenis pembeda kemudian dicetak oleh komputer (Tabel 10.10). Tabel 10.10 menunjukkan bahwa komputer memilih 21 jenis pembeda, yang 12 di antaranya termasuk jenis pembeda tipe 1 yang lebih kuat dan sembilan adalah jenis pembeda tipe 2 yang lebih lemah. Angka di sebelah kanan Tabel 10.10 adalah nomor kode jenis. Tipe komunitas 1, 2, dan 3 sesuai dengan tipe komunitas *A*, *B*, dan *C* pada Tabel 9.7.

Tabel ringkasan (Tabel 10.11) kemudian dicetak dengan komputer, dan tabel ini menunjukkan pertama-tama 21 jenis pembeda dengan nilai konstansinya dalam persen dan nilai biomassa rata-rata untuk setiap tipe komunitas. Jenis pembeda kemudian disusul oleh semua jenis lainnya yang disusun menurut urutan nilai konstansi tinggi sampai rendah. Tabel ringkasan diikuti oleh tabel pembeda (Tabel 10.12). Dalam tabel ini urutan jenis sama seperti dalam tabel ringkasan (Tabel 10.11). Urutan releve sama seperti telah diputuskan pada permulaan program kedua, tetapi tabel menunjukkan dengan jelas amplitudo setiap jenis, yang tidak dapat dibayangkan dalam tabel ringkasan. Ini terutama penting sehubungan dengan penempatan 21 jenis pembeda dalam daftar. Selanjutnya dibuat blok-blok. Garis utuh menandakan jenis pembeda tipe 1 yang lebih kuat dan garis terputus-putus menunjukkan jenis tipe 2 yang lebih lemah. Nilai konstansi total absolut dan persen ditunjukkan di sebelah kanan tabel. Tabel pembeda yang dicetak komputer menunjukkan kesesuaian dengan tabel pembeda yang dibuat secara manual (Tabel 9.7).

Metode yang sama yang menerapkan dua program secara berturut digunakan Spatz untuk mengordinasikan, mengklasifikasi, dan membedakan 171 releve di lahan penggembalaan di Jerman Selatan. Komputerisasi akan bermanfaat apabila jumlah releve yang harus diproses besar sekali. Dengan cara ini, kesalahan yang diakibatkan penyalinan tabel dapat dihindarkan.

Prosedur Spatz merupakan usaha untuk menyimulasi teknik tabel asli seperti diuraikan dalam Bab 9, tetapi terdapat satu perbedaan utama. Urutan releve dalam Tabel 9.7 dibuat dengan memanfaatkan tabel parsial (Tabel 9.4). Di sini jenis dengan total konstansi lebih dari 60% dan jenis dengan konstansi kurang dari 10% dihilangkan. Oleh karena itu, urutan releve dalam Tabel 9.7 didasarkan pada kesamaan floristik parsial, bukan menurut kesamaan floristik total seperti pada tabel komputer.

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

Penggunaan kesamaan floristik parsial yang dibuat dengan jenis yang mempunyai konstansi total menengah dapat menghasilkan ordinasasi dan klasifikasi releve yang lebih memuaskan. Urutan dan pengelompokan tidak dipengaruhi baik oleh jenis aksidental atau sporadis maupun jenis yang **di mana-mana** (*omnipresent*), yang tidak bernilai bagi pemisahan unit-unit yang lebih kecil dan homogen.

Program komputer yang mengelompokkan releve berdasarkan jenis dengan nilai konstansi antara diuraikan Lieth & Moore (1971) dan Ceska & Roemer (1971). Langkah pertama dalam program ini adalah pengisolasian jenis yang terdapat bersama dalam releve-releve tertentu dan secara bersama-sama tidak hadir di dalam releve lain. Langkah ini diikuti dengan memindahkan bersama-sama releve-releve yang mengandung jenis-jenis yang hadir bersama. Langkah pertama, yaitu isolasi jenis pembeda, adalah apa yang disebut Williams & Lambert (1961) sebagai analisis “normal”, dan langkah kedua dinamakan **analisis terbalik** (*inverse analysis*). Langkah pertama disebut dalam analisis komputer sebagai teknik-R dan yang kedua teknik-Q (Van Den Maarel 1969).

Penggunaan dua tipe analisis secara berturut dan bergantian dibuat oleh Lieth & Moore (1971) dengan menggunakan program “*Travelling Salesman*” atau “Penjaja Berkelana” (atau “algoritme Lin”). Mereka mendasarkan prosedur ini kepada program yang telah dikembangkan sebelumnya oleh Moore, Benninghoff & Dwyer (1967). Hasil akhirnya adalah aproksimasi kasar dari tabel pembeda, yang di dalamnya terkandung jenis terpilih komputer yang berdasarkan amplitudonya menentukan sebuah gradasi floristik antara dua ekstrem. Selanjutnya kelas-kelas harus ditentukan peneliti.

Ceska & Roemer (1971) menyebut programnya sebagai pendekatan yang menerapkan dua aturan sebagai suatu algoritme. Aturan I mengharuskan komputer memindai perangkat data untuk jenis yang memertelakan sebuah kelompok tertentu dari berbagai releve (yaitu teknik-R). Aturan II mengharuskan komputer membuat kelompok-kelompok releve dengan menggunakan jenis (yaitu teknik-Q). Prosedur berjalan baik dengan penggunaan aturan secara berturut-turut dan bergantian sampai semua jenis pembeda atau jenis diagnostik diperoleh. Mereka menerapkan pendekatan ini terhadap perangkat data 1956 milik Ellenberg dan hasilnya adalah sebuah aproksimasi yang sesuai dengan tabel pembeda yang dibuat dengan tangan (Tabel 9.7).

## Perlakuan Matematika Data Vegetasi

**Tabel 10.10** Jenis pembeda yang dipilih komputer untuk tipe komunitas 1 dan 3 dan untuk kombinasi tipe komunitas 1+2, 1+3, dan 2+3. Dari Spatz 1970. Tipe-tipe komunitas 1, 2, dan 3 sesuai dengan A, B, dan C dalam Tabel 9.7.

---

Tipe komunitas 1	
Jenis pembeda 1	
1. Jenis = <i>Bromus erectus</i>	4
2. Jenis = <i>Salvia pratensis</i>	58
3. Jenis = <i>Viola hirta</i>	60
4. Jenis = <i>Koeleria pyramidala</i>	8
5. Jenis = <i>Thymus serpyllum</i>	46
6. Jenis = <i>Scabiosa columbaria</i>	42
7. Jenis = <i>Linum catharticum</i>	43
Tipe komunitas 1	
Jenis pembeda tipe 2	
8. Jenis = <i>Campanula glomerata</i>	50
9. Jenis = <i>Vicia sepium</i>	31
Tipe komunitas 3	
Jenis pembeda tipe 1	
10. Species = <i>Carex acutiformis</i>	24
Tipe komunitas 3	
Jenis pembeda tipe 2	
11. Jenis = <i>Deschampsia caespitosa</i>	14
12. Jenis = <i>Angelica silvestris</i>	72
Kombinasi tipe komunitas 1 + 2	
Jenis pembeda tipe 2	
13. Jenis = <i>Helictotrichon pubescens</i>	3
14. Jenis = <i>Trisetum flavescens</i>	11
Kombinasi tipe komunitas 1 + 3	
Jenis pembeda tipe 2	
15. Jenis = <i>Campanula rotundifolia</i>	37
Kombinasi tipe komunitas 2 + 3	
Jenis pembeda tipe 1	
16. Jenis = <i>Geum rivale</i>	70
17. Jenis = <i>Cirsium oleraceum</i>	65
18. Jenis = <i>Melandrium diurnum</i>	71
19. Jenis = <i>Aleopecurus pratensis</i>	12
Kombinasi tipe komunitas 2 + 3	
Jenis pembeda tipe 2	
20. Jenis = <i>Ajuga reptans</i>	57
21. Jenis = <i>Lathyrus pratensis</i>	33

---



## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

**Tabel 10.11** Tabel ringkasan yang dibuat komputer menunjukkan persentase konstansi dan nilai biomassa rerata untuk setiap jenis dalam tipe komunitas

Jenis, No. Jenis	No. Kelompok	1		2		3	
		Konstansi (%)	Hasil panen* rerata (%)	Konstansi (%)	Hasil panen rerata (%)	Konstansi (%)	Hasil panen rerata (%)
Bromus erectus	4	100,0	039,1	.	.	.	.
Salvia pratensis	58	71,4	003,2	.	.	.	.
Viola hirta	60	71,4	001,1	9,1	000,2	.	.
Koeleria pyramidata	8	57,1	002,8	.	.	.	.
Thymus serpyllum	46	57,1	000,9	9,1	000,2	.	.
Scabiosa columbaria	42	57,1	000,4	9,1	002,0	.	.
Linum catharticum	43	57,1	000,2	9,1	000,2	.	.
Campanula glomerata	50	71,4	000,7	18,2	000,6	.	.
Vicia sepium	31	57,1	000,2	18,2	000,6	16,7	000,2
Carex acutiformis	24	.	.	9,1	001,0	50,0	005,3
Deschampsia caespitosa	14	.	.	18,2	007,5	66,7	010,5
Angelica silvestris	72	.	.	18,2	000,6	66,7	001,1
Helictotrichon pubescens	3	57,1	001,6	100,0	007,7	16,7	003,0
Trisetum flavescens	11	57,1	003,5	81,8	007,6	16,7	004,0
Campanula rotundifolia	37	100,0	000,7	18,2	000,6	66,7	000,6
Geum rivale	70	.	.	81,8	000,6	66,7	002,3
Cirsium oleraceum	65	.	.	63,6	002,4	100,0	010,8
Melandrium diurnum	71	.	.	63,6	000,6	50,0	002,0
Alopecurus pratensis	12	.	.	54,5	006,8	50,0	005,7
Ajuga reptans	57	14,3	001,0	90,9	000,4	83,3	001,1
Lathyrus pratensis	33	14,3	000,2	54,5	000,5	50,0	000,2
Arrhenatherum elatius	1	100,0	008,9	100,0	014,1	100,0	015,0
Dactylis glomerata	2	100,0	006,7	100,0	014,1	100,0	010,3
Poa pratensis	6	100,0	010,3	100,0	013,5	100,0	007,3
Plantago lanceolata	38	100,0	000,9	100,0	001,5	100,0	003,1
Galium mollugo	40	100,0	004,4	100,0	006,2	100,0	007,2
Festuca pratensis	10	71,4	003,6	100,0	010,6	100,0	004,5
Chrysanthemum leucanthemum	41	100,0	002,6	90,9	001,5	83,3	001,2
Ranunculus acer	45	85,7	000,7	90,9	000,9	100,0	000,8
Veronica chamaedrys	51	100,0	000,3	81,8	000,6	83,3	000,9
Achillea millefolium	35	100,0	003,6	90,9	003,5	66,7	004,4
Daucus carota	36	85,7	000,7	100,0	000,7	50,0	002,7
Rumex acetosa	44	42,9	000,2	81,8	000,8	100,0	001,5
Trifolium pratense	28	71,4	000,7	81,8	000,8	50,0	001,1
Taraxacum officinale	49	85,7	000,2	63,6	001,1	83,3	001,7
Medicago lupulina	30	85,7	000,3	72,7	000,5	50,0	000,5
Festuca rubra	9	85,7	005,3	45,5	001,4	50,0	000,8
Crepis biennis	55	28,6	000,2	81,8	000,8	66,7	003,6
Trifolium repens	29	42,9	000,5	63,6	000,5	66,7	000,4
Heraclium sphondylium	39	42,9	000,5	72,7	004,0	50,0	001,7
Centaurea jacea	48	57,1	002,1	63,6	001,5	50,0	002,4
Plantago media	52	71,4	000,2	54,5	000,3	50,0	000,5
Holcus lanatus	13	.	.	45,5	001,4	100,0	003,7
Cerastium caespitosum	47	57,1	000,2	36,4	000,2	50,0	000,2
Prunella vulgaris	74	42,9	000,2	54,5	000,3	50,0	001,1
Bellis perennis	61	42,9	000,5	63,6	000,3	16,7	000,2
Lysimachia nummularia	73	.	.	45,5	000,2	50,0	000,5

\* hasil panen = yield

## Perlakuan Matematika Data Vegetasi

**Tabel 10.11** (Lanjutan). Jenis pembeda diikuti oleh "jenis lain". Dari Spatz (1970). Tabel ini analog dengan Tabel 9.9.

Jenis, No. Jenis	No. Kelompok	1		2		3	
		Konstansi (%)	Hasil panen rerata (%)	Konstansi (%)	Hasil panen rerata (%)	Konstansi (%)	Hasil panen rerata (%)
Tragopogon pratensis	66	14,3	000,2	45,5	001,0	16,7	000,2
Lychnis flos-cuculi	77	.	.	27,3	000,5	50,0	000,2
Carex flacca	23	42,9	002,0	18,2	002,5	16,7	002,0
Glechoma hederacea	67	.	.	27,3	000,2	50,0	000,2
Senecio jacobaea	78	28,6	000,2	27,3	000,2	16,7	000,2
Briza media	7	42,9	001,3	18,2	001,5	.	.
Vicia cracca	34	42,9	000,2	9,1	000,2	16,7	001,0
Anthriscus silvestris	68	14,3	000,2	18,2	001,1	33,3	000,2
Festuca ovina	5	42,9	001,7	9,1	001,0	.	.
Lotus corniculatus	32	28,6	000,2	.	.	33,3	000,2
Leontodon hispidus	54	14,3	000,2	18,2	001,0	16,7	004,0
Dianthus superbus	62	28,6	000,6	9,1	000,2	.	.
Galium boreale	64	28,6	000,6	.	.	33,3	001,0
Filipendula ulmaria	69	.	.	18,2	001,6	33,3	001,1
Pimpinella magna	75	.	.	27,3	000,7	16,7	000,2
Polygonum bistorta	76	.	.	9,1	000,2	33,3	002,5
Silene inflata	53	14,3	000,2	18,2	001,1	.	.
Knautia arvensis	59	28,6	000,6	9,1	000,2	.	.
Potentilla reptans	79	14,3	001,0	9,1	001,0	16,7	000,2
Pastinaca sativa	83	.	.	18,2	002,0	16,7	000,2
Silaus pratensis	87	.	.	27,3	000,5	.	.
Carex hirta	25	.	.	9,1	002,0	16,7	006,0
Carex gracilis	27	.	.	.	.	16,7	001,0
Myosotis arvensis	56	.	.	9,1	000,2	16,7	000,2
Pimpinella saxifraga	63	28,6	000,2	.	.	.	.
Cardamine pratensis	80	.	.	9,1	000,2	16,7	000,2
Myosotis palustris	81	.	.	18,2	000,2	.	.
Galium verum	86	28,6	000,6	.	.	.	.
Euphrasia odontites	89	.	.	9,1	000,2	16,7	000,2
Rumex crispus	91	.	.	.	.	16,7	000,2
Poa trivialis	15	.	.	.	.	16,7	002,0
Phleum pratense	16	.	.	9,1	000,2	.	.
Festuca arundinacea	17	.	.	.	.	16,7	001,0
Lolium perenne	18	.	.	9,1	002,0	.	.
Glyceria fluitans	19	.	.	.	.	.	.
Phalaris arundinacea	20	.	.	.	.	.	.
Phragmites communis	21	.	.	9,1	000,2	.	.
Brachypodium pinnatum	22	14,3	005,0	.	.	.	.
Carex panicea	26	.	.	9,1	002,0	.	.
Geranium pratense	82	.	.	9,1	000,2	.	.
Galium uliginosum	84	.	.	.	.	16,7	000,2
Sanguisorba officinalis	85	.	.	.	.	16,7	000,2
Ranunculus repens	88	.	.	9,1	000,2	.	.
Lamium album	90	.	.	.	.	.	.
Polygonum convolvulus	92	.	.	.	.	.	.
Chenopodium album	93	.	.	.	.	.	.
Alchemilla vulgaris	94	14,3	000,2	.	.	.	.

Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

Tabel 10.12 Tabel perbedaan yang dihasilkan komputer. Dari Spatz 1970. Tabel ini analog dengan tabel 9.

Tipe vegetasi	1																									2																									3																								
	No. Urut	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Konstansi																																																
Jenis	No. Relieve	10	9	3	24	15	1	4	2	20	22	13	5	18	16	17	21	12	6	23	25	8	11	14	7	1	Absolut	Persen																																															
<i>Bromus erectus</i>	4	21	47	35	10	37	50	74	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	28,0																																														
<i>Salvia pratensis</i>	58	5	2	4	4	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0																																														
<i>Viola hirta</i>	60	3	2	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	24,0																																														
<i>Koeleria pyramidata</i>	8	3	3	.	.	.	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	16,0																																														
<i>Thymus serpyllum</i>	46	2	+	+	+	+	1	+	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0																																														
<i>Scabiosa columbaria</i>	42	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0																																														
<i>Linum catharticum</i>	43	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0																																														
<i>Campanula glomerata</i>	50	+	1	1	+	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	28,0																																														
<i>Vicia sepium</i>	31	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	28,0																																														
<i>Carex acutiformis</i>	24	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	20,0																																														
<i>Deschampsia caespitosa</i>	14	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	28,0																																														
<i>Angelica silvestris</i>	72	+	4	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	24,0																																														
<i>Helictotrichon pubescens</i>	3	+	3	5	2	4	.	.	2	8	16	6	8	5	10	5	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16	64,0																																														
<i>Trisetum flavescens</i>	11	+	3	5	2	4	.	.	2	8	16	6	8	5	10	5	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	15	60,0																																														
<i>Campanula rotundifolia</i>	37	1	+	+	+	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-13	52,0																																														
<i>Geum rivale</i>	70	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	56,0																																														
<i>Cirsium oleraceum</i>	65	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	56,0																																														
<i>Melandrium diurnum</i>	71	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	44,0																																														
<i>Alopecurus pratensis</i>	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	36,0																																														
<i>Ajuga reptans</i>	57	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16	64,0																																														
<i>Lathyrus pratensis</i>	33	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	40,0																																														
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	8	5	2	30	15	+	2	1	24	25	10	4	22	15	15	25	10	4	26	35	4	9	12	4	22	25	100,0																																															
<i>Dactylis glomerata</i>	2	6	2	15	8	6	5	5	5	8	15	12	18	15	15	18	32	12	8	18	10	12	10	4	1	25	100,0																																																
<i>Poa pratensis</i>	6	8	10	10	20	15	4	1	1	6	9	2	4	10	10	5	1	25	2	16	10	4	6	5	3	1	25	100,0																																															
<i>Plantago lanceolata</i>	38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	8	4	4	2	4	25	100,0																																															
<i>Galium mollugo</i>	40	12	2	7	3	3	3	1	2	5	3	10	3	6	5	3	1	6	24	12	2	4	5	14	6	2	25	100,0																																															
<i>Festuca pratensis</i>	10	2	5	3	2	6	.	.	5	2	15	2	20	12	5	28	15	10	3	2	3	8	10	2	2	10	92,0																																																
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	41	5	2	3	6	1	1	+	+	3	1	1	+	+	1	1	+	+	3	4	1	+	1	+	2	2	23	92,0																																															
<i>Ranunculus acer</i>	45	3	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	23	92,0																																														





## 10.7 ORDINASI TEGAKAN CUPLIKAN

Goodall (1954) mendefinisikan ordinasi sebagai “pengaturan berbagai unit dalam urutan satu dimensi (*uni-dimensional*) atau multidimensi (*multi-dimensional*)”. Dalam ordinasi ini ditekankan kepada pengaturan unit-unit cuplikan (jenis atau tegakan) berdasarkan nilai-nilai individual dan bukan nilai-nilai kelompok. Sebaliknya, suatu pengaturan dengan nilai-nilai kelompok atau nilai-nilai di dalam suatu kisaran akan menghasilkan klasifikasi. Ordinasi adakalanya dianggap sebagai alternatif untuk klasifikasi. Persepsi ini didasarkan pada gagasan bahwa pengelompokan tegakan menjadi kelas-kelas dapat menunjukkan **seutuhan nyata** (*discrete entity*) yang sebenarnya tidak ada di alam. Alih-alih, sebuah ordinasi cuplikan tegakan akan menampakkan kontinuitas atau **diskontinuitas** (*discontinuity*) relatif di antara cuplikan-cuplikan tersebut. Dalam hal ini, dapat dikatakan bahwa ordinasi dan klasifikasi adalah dua proses terpisah tetapi terkait erat, dan ordinasi merupakan langkah sebelum klasifikasi.

### 10.7.1 ORDINASI SATU DIMENSI

Sebuah ordinasi satu dimensi adalah pengaturan linear nilai-nilai antara dua ekstrem. Misalnya, Tabel 9.7 menunjukkan dua ordinasi. Satu mempertautkan releve secara horizontal dengan amplitudo kelompok-kelompok jenis pembeda. Di sini, salah satu urutan releve adalah dari kering ke lembap (dari kiri ke kanan). Bahwa urutan releve pada tabel mengikuti urutan menurut peringkat lebih jauh didukung oleh pemetaan indeks kesamaan floristik dalam Gambar 10.1 dan 10.2.

Dalam gambar ini ordinasi linear tidak sempurna dalam hal kesamaan floristik antar-releve seperti ditunjukkan oleh kurva yang naik turun. Kurva dengan mudah dapat diperbaiki dengan mengatur ulang posisi beberapa releve sehingga terbentuk ordinasi linear yang sempurna. Dalam hal ini kesamaan floristik total lebih diutamakan ketimbang kesamaan floristik diagnostik. Kesamaan floristik diagnostik ditunjukkan oleh tumbuhan kunci tertentu yang membentuk kelompok-kelompok jenis pembeda. Oleh karena itu, pengelompokan kembali tidak dilakukan pada tahap ini.

Ordinasi linear kedua dalam Tabel 9.7 ditampilkan oleh kelompok “jenis lain”, yang ditulis menurut urutan peringkat konstansi yang menurun. Selanjutnya dengan melihat kembali Tabel 9.3 dapat kita lihat asas lain yang sederhana tetapi penting. Dalam urutan konstansi jenis menurut peringkatnya terdapat kelas-kelas yang tampak dengan sendirinya, yaitu tiga jenis masing-masing memiliki nilai konstansi 15, enam jenis dengan konstansi 14, dan selanjutnya. Oleh karena

itu, pemeringkatan tersebut menunjukkan perubahan yang bertahap, bukannya perubahan yang menerus dari tinggi hingga rendah. Perubahan yang menerus muncul bila tegakan disusun menurut urutan indeks kesamaan floristik.

Ordinasi yang dibuat oleh Curtis & McIntosh (1951) adalah ordinasi linear atau ordinasi satu dimensi untuk menunjukkan kontinum cuplikan-cuplikan tegakan di hutan-hutan Wisconsin. Tulisan Curtis & McIntosh telah mendorong terbentuknya aliran kontinum (Dansereau dkk. 1968) dan perkembangan berikutnya mengenai teknik ordinasi multidimensi (Bray & Curtis 1957). Metode multidimensi tersebut sering dianggap sebagai teknik untuk merepresentasikan secara abstrak tentang vegetasi yang sejatinya ada lebih baik daripada berbagai penyajian dalam bentuk klasifikasi.

Dalam ordinasi cuplikan-cuplikan tegakan secara linear, Curtis & McIntosh (1951) tidak menerapkan indeks kesamaan floristik yang baku, tetapi menggunakan indeks sintetis, yang disebut **indeks kontinum** (*continuum index*). Pertama-tama tegakan diatur menurut urutan kelimpahan yang menaik dari sebuah jenis, *Acer saccharum*. Jenis ini dianggap sebagai indikator tegakan klimaks di hutan Wisconsin. Dalam hal ini, nilai kelimpahan adalah **nilai kepentingan** (*importance value*), yang merupakan jumlah tiga parameter kelimpahan (lihat Bab 7.6.7).

Susunan tegakan tersebut diinterpretasikan sebagai ordinasi linear dari tahap awal sampai tahap kemudian suksesi. Selanjutnya 23 jenis lain dipetakan sepanjang urutan tersebut berdasarkan nilai kepentingannya. *Acer saccharum* diberi angka 10 sebagai jenis klimaks terbaik. Jenis pohon lainnya diberi angka 1 sampai 9, bergantung kepada jarak nilai kepentingannya dari *Acer saccharum* pada grafik ordinasi. Dengan cara ini, setiap jenis mendapat nomor relatif dari 1 sampai 10, yang disebut **nomor adaptasi klimaks** (*climax adaptation number*). Sebuah nomor adaptasi klimaks tinggi berarti adaptasi baik terhadap semua faktor lingkungan (terutama naungan), yang ada di tegakan-tegakan terminal.

Nomor adaptasi klimaks setiap jenis kemudian dikalikan dengan nilai kepentingannya. Hasil pengalian ini disebut **indeks kontinum vegetasi** (*vegetational continuum index*), karena penyajian grafik indeks-indeks tersebut menghasilkan hubungan kurvalinear yang halus. Untuk setiap jenis dalam setiap tegakan indeks kontinum (yaitu hasil pengalian nilai kepentingan dengan nomor adaptasi klimaks) dijumlahkan. Total yang diberi bobot tersebut digunakan sebagai landasan untuk penempatan setiap tegakan dalam hubungannya dengan tegakan-tegakan yang dicuplik. Proses ini menghasilkan sebuah ordinasi

berdimensi satu kedua. Metode ini menggunakan semua jenis pohon dalam sebuah tegakan untuk menyatakan posisi tegakan tersebut sepanjang sebuah gradasi suksesi. Tetapi, dalam ordinasinya ini perdu dan terna tidak diikutsertakan dalam penghitungan indeks kontinum. Oleh karena itu, pengaturan tegakan hanya didasarkan kepada kesamaan floristik parsial.

Dalam hal ini ordinasinya mirip dengan urutan releve dalam Tabel 9.7, yang juga berdasarkan kesamaan floristik parsial dari jenis kunci tertentu. Tetapi, dalam Tabel 9.7 kesamaan floristik adalah satu dari kelompok jenis diagnostik umum. Dalam penelitian Curtis & McIntosh (1951), kesamaan floristik didasarkan hanya kepada jenis pohon yang diatur dalam urutan perubahan jenis pohon dalam **urutan waktu** atau **kronosekuen** (*chronosequence*) yang diasumsikan menuju klimaks. Dalam pengaturan ini, setiap tegakan menempati posisi khas. Ini diinterpretasikan sebagai sebuah kontinum.

Pada dasarnya, hal yang sama berlaku juga bagi urutan releve dalam Tabel 9.7. Setiap tegakan mempunyai posisi khas dalam ordinasinya linear seperti ditunjukkan dengan pemetaan releve dengan indeks kesamaan floristik dalam Gambar 10.1 dan 10.2.

Pertanyaan penting hanya terletak pada apakah ada perbedaan yang relatif lebih besar atau lebih kecil di antara tegakan-tegakan yang mungkin dapat digunakan untuk mengenal berbagai kelompok atau gugus. Pada kurva penuh dalam Gambar 10.1 dapat dikenal segera paling tidak dua kelompok. Tujuh releve pertama agak sama satu terhadap yang lain; releve-releve tersebut berbeda hanya dalam hal ketidaksamaan yang agak besar terhadap releve lainnya. Hal serupa ditunjukkan juga oleh pengaturan dengan komputer yang berdasarkan indeks kesamaan seperti dibahas dalam Bab 10.6.2. Tentu saja kita dapat pula menginterpretasikan urutan tersebut sebagai sebuah kontinum. Ini bergantung kepada sudut pandang dan akal sehat.

### 10.7.2 ORDINASI MULTIDIMENSI

Selanjutnya Bray & Curtis (1957) mengembangkan sebuah teknik ordinasinya multidimensi bagi cuplikan-cuplikan tegakan. Ini merupakan terobosan, karena dengan teknik ini dapat ditunjukkan hubungan kesamaan secara geometris.

Dalam teknik ini tegakan-tegakan tidak diatur dengan jarak sama (*equidistant*) sepanjang sumbu linear seperti digunakan dalam ordinasinya satu dimensi, tetapi tegakan-tegakan ditempatkan sedemikian rupa sehingga posisinya merupakan perkiraan langsung derajat kesamaannya. Dengan pendekatan ini,



kecenderungan **penggugusan** (*clustering tendencies*) tegakan dapat ditampilkan secara geometris. Meskipun demikian, pengenalan kelompok-kelompok atau kelas-kelas masih tetap merupakan pertimbangan pribadi. Selain dapat mengenal gugus, ordinasasi juga dapat menunjukkan variasi vegetasi yang mungkin terkait dengan **landaian** (*gradient*) lingkungan.

Ordinasasi dua dimensi untuk jenis telah dibahas (lihat Bab 10.3), tetapi dalam teknik tersebut pemisahan jenis tidak disempurnakan secara geometris seperti telah dikembangkan untuk ordinasasi multidimensi tegakan. Sejak penerbitan tulisan Bray & Curtis (1957) berbagai modifikasi telah diusulkan, tetapi model aslinya masih terus digunakan dengan sedikit perubahan.

Langkah pertama dalam ordinasasi multidimensi tegakan adalah penghitungan **koefisien komunitas** atau **indeks kesamaan** (*similarity index*) untuk setiap pasangan-tegakan dari deretan cuplikan. Ini menghasilkan  $n \times (n-1)/2$  indeks kesamaan (*IS*). Misalnya untuk ordinasasi multidimensi 25 releve dalam Tabel 9.7, harus dihitung sebanyak 300 indeks kesamaan. Indeks kesamaan (*IS*) yang paling banyak digunakan adalah indeks yang dibuat Sørensen, yang biasanya diterapkan kepada kuantitas setiap jenis yang hadir dalam tegakan (lihat Bab 10.1.3), yang ditulis sebagai berikut:

$$IS = \frac{2w}{A + B} \times 100 \text{ (persen)}$$

yang dalam hal ini  $w$  adalah jumlah terkecil dari dua nilai kuantitatif jenis yang terdapat bersama dalam dua cuplikan tegakan atau releve.  $A$  adalah jumlah nilai-nilai kuantitatif dalam satu dari dua tegakan dan  $B$  adalah jumlah semua nilai kuantitatif dalam tegakan lainnya. Nilai *IS* dapat dinyatakan sebagai pecahan atau dalam persen.

Jika data kuantitatif lapangan dicatat dalam persen nilai biomassa tumbuhan, maka jumlah nilai bagi semua jenis dalam tegakan adalah 100% (atau kira-kira sekitar itu). Ini berlaku bagi releve dalam Tabel 9.7 (lihat juga Bab 10.15). Dalam hal ini, nilai *IS* secara otomatis berkurang menjadi  $w$ . Hal yang sama dapat diperoleh dengan penggunaan nilai kuantitatif sebagai pecahan dari total dalam tegakan. Modifikasi ini digunakan oleh Bray & Curtis (1957) untuk menghemat waktu dan tenaga dalam penghitungan dengan tangan. Tetapi, pengubahan dari nilai kuantitatif absolut ke nilai relatif dapat pula mengubah hubungan kesamaan antartegakan.

Sebagai contoh adalah teknik ordinasasi multidimensi Wisconsin yang diterapkan kepada data 25 releve yang tertutup rumput *Arrhenatherum* (Tabel 9.7). Tiga ratus  $IS = w$  dihitung dengan komputer dari kartu dibolongi Spatz.\*)

Indeks kesamaan ( $IS$ ) dipindahkan ke dalam sebuah tabel matriks korelasi (Tabel 10.13). Sebanyak 300  $IS$  ada dalam segitiga pada bagian bawah kiri Tabel 10.13. Selain dari itu 300 **indeks ketidaksamaan** ( $ID$ ) ditunjukkan di bagian atas kanan tabel matriks korelasi. Nilai  $ID$  dihitung dengan 100 dikurangi  $IS$ , yaitu ( $ID = 100 - IS$ ).

Nilai  $ID$  digunakan untuk menentukan jarak spasial antartegakan sepanjang sumbu ordinasasi. Seperti telah dikemukakan di atas, pengaturan jarak ini merupakan perbedaan hakiki dari ordinasasi linear sederhana yang ditunjukkan pada Gambar 10.1 dan 10.2, seperti digunakan oleh Curtis untuk memperagakan kontinum vegetasi (Curtis & McIntosh 1951; Curtis 1955) (lihat juga Whittaker 1953; Daubenmire 1906).

Secara teori, indeks-indeks kesamaan berkisar dari 0 sampai 100%, yaitu dari ketidaksamaan penuh sampai kesamaan sempurna. Tetapi, pada kenyataannya, bahkan replikasi tegakan yang sangat sama tidak akan pernah mempunyai kesamaan 100%. Indeks ketidaksamaan yang paling realistis antara setiap pasang tegakan diperoleh dengan mengurangkan indeks kesamaannya dari cuplikan tegakan replika yang paling tipikal atau tegak pusat dalam kelompok. Kesamaan antara dua tegakan replika mungkin lebih mendekati 75% daripada 100%. Tegakan pusat di antara 25 releve, berdasarkan perhitungan matematika, adalah releve 18, karena mempunyai kesamaan tertinggi dengan releve-releve lainnya. Tampak bahwa jumlah nilai  $IS$  adalah yang tertinggi (yaitu 1.139) di antara semua releve yang direkam dalam Tabel 10.13). Selama analisis lapangan padang rumput *Arrhenatherum* tidak ada usaha untuk membuat tegakan replika dekat. Releve 22 adalah tegakan yang paling sama dan hanya mempunyai kesamaan 70,6% terhadap releve 18. Kesamaan tertinggi di antara tegakan *Arrhenatherum* hanya 73,8% (lihat pasangan releve 9 dan 15 dalam Tabel 10.13). Beals (1960) menemukan kesamaan rata-rata 85% di antara replika komunitas burung. Meskipun demikian, nilai ini tidak mudah dibuat secara objektif. Perbedaan tampaknya tidak nyata untuk tujuan

---

\*) Dibuat sedikit variasi dari data aslinya dengan menerjemahkan nilai + menjadi 0,2% nilai biomass tumbuhan (bukan 0,3% seperti digunakan dalam contoh dalam Bab 10.1.4). Selanjutnya dalam perbandingan releve 4 dan 10 (nomor urut 1 dan 2) Tabel 9.7. *Galium boreale* hanya terdapat dalam 4, sedangkan dalam data Spatz jenis tersebut hadir juga dalam releve 10. Ini mengasilkan kesamaan antara releve 4 dan 10 sebanyak 42,8% bukan 41,8% seperti ditunjukkan dalam contoh penghitungan sebelumnya (Bab 10.1.4). Ini hanya penyimpangan kecil dalam hasil keseluruhan.

ordinasi, karena ketidaksamaan di antara tegakan seperti ditunjukkan dengan jarak geometris hanya berupa jarak relatif. Dengan pertimbangan tersebut, sudah lazim digunakan indeks ketidaksamaan  $ID = 100 - IS$

### 10.7.2.1 Pembuatan Sumbu $x$

Untuk memperagakan hubungan kesamaan secara geometris di antara 25 releve, pertama-tama ditentukan tegakan-tegakan yang paling beda. Tegakan-tegakan ini menjadi tegakan terminal atau tegakan acuan sumbu ordinasasi pertama atau sumbu  $x$ . Sumbu pertama ini pada dasarnya tidak lebih dari urutan atau ordinasasi tegakan secara linear, seperti yang mungkin tampak pada kepala tabel pembeda.

Pasangan tegakan yang paling tidak sama atau paling beda dalam Tabel 10.13 adalah pasangan releve 1 dan 19. Indeks kesamaan ( $IS$ ) antara dua releve ini hanya 5,8%. Menurut kriteria Bray & Curtis (1957) kedua tegakan tersebut dapat dipilih. Tetapi, karena releve 19 telah dicoret dari Tabel 9.7, releve tersebut dapat juga kita buang, karena hubungan dengan releve-releve lain terlalu kecil untuk dijadikan titik terminal (ujung) sumbu ordinasasi. Alih-alih, releve 19 dapat kita tinggalkan dalam kelompok untuk diordinasikan bersama-sama releve lain. Seperti telah dibahas dalam Bab 9, releve 19 disisihkan karena jumlah jenis yang terdapat dalam releve tersebut hanya sedikit, yaitu hanya 20. Jumlah jenis dalam releve-releve lain berkisar antara 25 dan 35 (Tabel 9.7). Alasan lain adalah dominansi (di sini nilai biomassa tinggi) dua jenis di tempat basah (*Glyceria fruticosa* dan *Phalaris arundinacea*). Kehadiran dua jenis ini, yang tidak terdapat di releve-releve lain, menunjukkan bahwa lokasi tersebut sering dibanjiri secara berkala.

Penggunaan tegakan yang paling tidak sama dengan tegakan lain dalam kelompok sebagai tegakan acuan mengharuskan kita memodifikasi kriteria pemilihan tegakan acuan yang dibuat Bray & Curtis (1957). Beals (1960) memilih tegakan dengan jumlah indeks kesamaan yang paling kecil sebagai tegakan acuan pertama. Tegakan acuan ini adalah releve 2 dalam Tabel 10.13. Tegakan terminal lainnya adalah releve 19, yaitu tegakan yang paling tidak sama dengan releve 2. Karena releve 19 sudah dibuang dari kelompok seperti telah disebutkan di atas, maka releve 4 dipilih sebagai tegakan terminal lainnya, sebab releve ini yang paling beda berikutnya terhadap releve 2, dengan  $IS = 15,4\%$ . Swan & Dix (1966) dan Newsome & Dix (1966) menerapkan kriteria yang lebih ketat dengan mensyaratkan bahwa tegakan acuan harus mempunyai paling tidak tiga tegakan dengan indeks kesamaan lebih besar dari 50%. Kriteria ini diikuti dalam contoh sekarang.

Tegakan dengan jumlah indeks kesamaan terkecil tetapi masih mempunyai paling tidak tiga indeks kesamaan lebih dari 50% terhadap tegakan lain adalah releve 4 dalam Tabel 10.13. Perhatikan bahwa releve 4 juga merupakan tegakan pertama dalam Tabel 9.7.

Oleh karena itu, releve 4 menjadi tegakan acuan A, yang membentuk titik nol pada sumbu ordinasi pertama atau sumbu  $x$ . Tegakan yang paling tidak sama dengan releve 4 (kecuali releve 19) adalah releve 21. Karena releve ini memenuhi kriteria harus mempunyai paling tidak tiga indeks kesamaan lebih besar daripada 50%, maka releve 21 menjadi tegakan terminal kedua, atau tegakan acuan B pada sumbu  $x$ .

Panjang ( $P$ ) sumbu  $x$  adalah sama dengan ketidaksamaan antara releve 4 dan 21 ( $ID = 88,6 = P$ ). Tegakan-tegakan lainnya ditempatkan sepanjang sumbu  $x$  dengan ketidaksamaan terhadap dua tegakan terminal. Tetapi, bila dua nilai ketidaksamaan terhadap dua tegakan terminal dipetakan langsung pada sumbu  $x$ , setiap tegakan akan mempunyai dua posisi. Hasilnya adalah dua ordinasi linear serupa dengan dua kurva yang ditunjukkan pada Gambar 10.1.

Pemetaan hanya satu posisi yang benar bagi sebuah tegakan dilaksanakan sebagai berikut. Dalam Gambar 10.7,  $T$  merupakan tegakan yang akan diposisikan antara dua tegakan acuan  $A$  dan  $B$ . Sebuah lengkungan digambar dari  $A$  dengan radius sama dengan nilai  $ID$  tegakan yang akan dipetakan ( $T$ ) terhadap tegakan  $A$  (dalam matrix Tabel 10.13). Nilai  $ID$  ini ekuivalen dengan jarak ( $jA$ )  $A$  ke  $T$ . Lengkungan kedua  $jB$  dipetakan dari tegakan acuan  $B$ . Titik perpotongan kedua lengkungan ( $jA$  dan  $jB$ ) menempatkan  $T$  di atas dan di bawah sumbu  $x$ . Titik pertemuan lengkungan di bawah sumbu  $x$  tidak ditunjukkan. Posisi sebuah tegakan pada sumbu  $x$  diperoleh dengan memproyeksikan  $T$  ke  $Tp$ .

Proses tersebut dapat dilaksanakan dengan penghitungan yang menggunakan teori Pythagoras, yang menyatakan bahwa  $jA^2 = e^2 + x^2$  dan  $jB^2 = e^2 + (P-x)^2$ . Dengan mengurangi satu persamaan dari yang lain, maka  $e^2$  dapat dihilangkan. Rumus, tersebut kemudian menjadi

$$x = \frac{P^2 + (jA)^2 - (jB)^2}{2P}$$

## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

**Tabel 10.13** Matriks indeks ketidaksamaan (ID) dan kesamaan (IS) dalam persen untuk 25 releve yang ditunjukkan dalam Tabel 9.7. Untuk penjelasan lebih lanjut lihat teks.

		Nilai ID													
		x, z												z	
		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Nilai IS	1	X	82.0	44.4	28.2	80.4	84.0	83.2	82.8	29.2	44.6	84.4	79.0	78.8	
	2	18.0	X	72.4	84.6	77.2	81.8	81.6	79.6	72.0	76.8	79.8	57.6	81.6	
	3	55.6	27.6	X	46.6	64.0	64.6	71.8	72.2	32.6	40.2	70.8	55.2	58.6	
	4	71.8	15.4	53.4	X	83.8	87.6	86.4	84.8	34.4	57.2	83.8	79.6	85.2	
	5	19.6	22.8	36.0	16.2	X	57.0	67.0	60.2	70.2	75.0	60.8	60.4	50.2	
	6	16.0	18.2	35.4	12.4	43.0	X	50.2	43.4	77.6	64.2	57.4	61.8	50.4	
	7	16.8	18.4	28.2	13.6	33.0	49.8	X	48.6	77.2	72.2	58.0	69.2	59.6	
	8	17.2	20.4	27.8	15.2	39.8	56.6	51.4	X	77.2	74.6	48.8	62.6	61.2	
	9	70.8	28.0	67.4	65.6	29.8	22.4	22.8	22.8	X	40.6	75.4	65.4	72.2	
	10	55.4	23.2	59.8	42.8	25.0	35.8	27.8	25.4	59.4	X	69.2	59.0	60.6	
	11	15.6	20.2	29.2	16.2	39.2	42.6	42.0	51.2	24.6	30.8	X	51.8	60.2	
	12	21.0	42.4	44.8	20.4	39.6	38.2	30.8	37.4	34.6	41.0	48.2	X	56.6	
	13	21.2	18.4	41.4	14.8	49.8	49.6	40.4	38.8	27.8	39.4	39.8	43.4	X	
	14	24.6	18.2	37.2	19.2	30.8	56.2	51.4	52.8	22.2	47.8	41.2	41.2	46.0	
	15	63.6	33.0	70.4	58.2	32.8	22.2	21.0	27.2	73.8	59.8	33.6	48.0	34.2	
	16	25.8	31.2	50.4	20.2	57.0	45.2	34.2	34.0	39.0	39.6	40.4	54.0	55.4	
	17	20.2	23.4	38.8	18.6	56.8	36.8	38.4	38.8	30.8	29.0	59.2	50.8	48.0	
	18	22.4	29.0	48.0	16.2	52.8	38.4	27.4	37.4	36.4	41.4	45.2	59.6	55.8	
	19	5.8	13.0	15.2	6.6	25.0	14.6	18.6	22.0	18.2	15.0	30.8	26.6	24.2	
	20	25.6	23.2	36.8	18.0	53.8	38.6	32.2	25.2	33.0	42.2	32.0	40.4	45.6	
	21	10.4	18.0	29.6	11.4	47.6	37.6	27.4	46.4	21.2	21.2	53.2	45.8	45.2	
	22	21.6	27.4	36.6	16.4	55.0	38.2	27.4	44.2	33.4	36.2	46.0	48.0	49.4	
	23	19.4	31.4	39.8	17.0	39.2	38.4	34.4	39.8	29.4	42.4	32.8	48.8	48.8	
	24	31.2	35.4	52.2	27.6	29.8	28.2	24.4	24.2	43.4	52.8	31.0	52.6	34.6	
	25	13.0	21.8	33.4	14.2	29.2	33.8	26.6	32.0	23.4	28.2	42.4	47.0	36.6	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
		Nilai IS													
		Σ 578.0	Σ 601.4												

Perlakuan Matematika Data Vegetasi

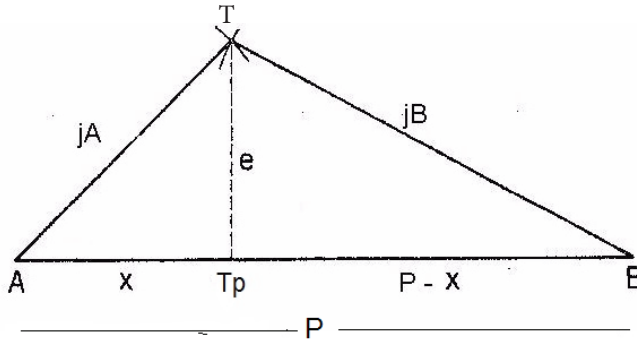
Tabel 10.13 (Lanjutan)

Nilai <i>ID</i>													
<i>y</i> ↓								<i>x</i> ↓			<i>y</i> ↓		
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
75.4	36.4	74.2	79.8	77.6	94.2	74.4	89.6	78.4	80.6	68.8	87.0	1	
81.8	67.0	68.8	76.6	71.0	87.0	76.8	82.0	72.6	68.6	64.6	78.2	2	
62.8	29.6	49.6	61.2	52.0	84.8	63.2	70.4	63.4	60.2	47.8	66.6	3	
80.8	41.8	79.8	81.4	83.8	93.4	82.0	88.6	83.6	83.0	72.4	85.8	4	←x,z
69.2	67.2	43.0	43.2	47.2	75.0	46.2	52.4	45.0	60.8	70.2	70.8	5	
43.8	77.8	54.8	63.2	61.6	85.4	61.4	62.4	61.8	61.6	71.8	66.2	6	
48.6	79.0	65.8	61.6	72.6	81.4	67.8	72.6	72.6	65.6	75.6	73.4	7	
47.2	72.8	66.0	61.2	62.6	78.0	74.8	53.6	55.8	60.2	75.8	68.0	8	
77.8	26.2	61.0	69.2	63.6	81.8	67.0	78.8	66.6	70.6	56.6	76.6	9	Nilai
52.2	41.2	61.4	71.0	58.6	85.0	57.8	78.8	63.8	57.6	47.2	71.8	10	<i>ID</i>
58.8	66.4	59.6	40.8	54.8	69.2	68.0	46.8	54.0	67.2	69.0	57.6	11	
58.8	52.0	46.0	49.2	40.4	73.4	59.6	54.2	52.0	51.2	47.4	58.0	12	←z
54.0	66.8	44.6	52.0	44.2	75.8	54.4	54.8	50.6	51.2	65.4	63.4	13	
X	64.4	51.0	56.2	50.8	78.6	57.8	66.0	59.8	53.2	61.6	60.4	14	←y
35.6	X	49.6	55.2	51.0	69.4	57.6	63.8	51.6	49.6	38.8	62.4	15	
49.0	50.4	X	40.2	33.2	67.4	34.4	49.6	38.2	48.8	50.2	50.4	16	
43.8	44.8	59.8	X	38.8	61.8	52.6	35.6	43.0	57.4	57.4	53.6	17	
49.2	49.0	66.8	61.2	X	58.4	41.0	36.0	29.4	42.4	47.4	42.6	18	
21.4	30.6	32.6	38.2	41.6	X	65.2	53.8	56.4	66.2	68.8	64.2	19	
42.2	42.4	65.6	47.4	59.0	34.8	X	54.0	40.2	46.4	45.8	58.0	20	
34.0	36.2	50.4	64.4	64.0	46.2	46.0	X	28.0	53.0	59.0	43.0	21	←x
40.2	46.4	61.8	57.0	70.6	43.6	59.8	72.0	X	42.0	44.4	49.0	22	
46.8	50.4	51.2	42.6	57.6	33.8	53.6	47.0	58.0	X	37.6	47.8	23	
38.4	61.2	49.8	42.6	52.6	31.2	54.2	41.0	55.6	62.4	X	46.6	24	←y
39.6	37.6	49.6	46.4	57.4	35.8	42.0	57.0	51.0	52.2	53.4	X	25	
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Nilai <i>IS</i>													

Σ 1139.0

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

Rumus ini digunakan oleh Beals (1960). Sekarang rumus ini banyak diterapkan untuk menentukan posisi tegakan-tegakan sepanjang sumbu-sumbu ordinasasi.



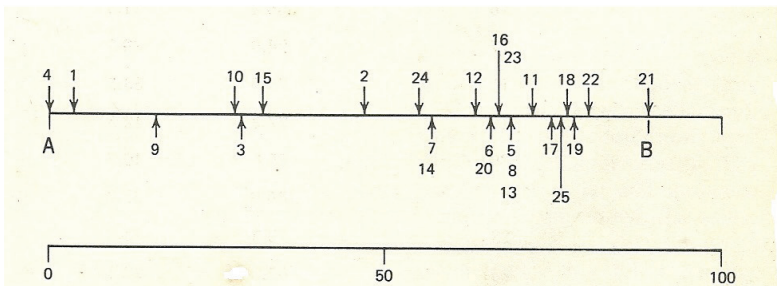
**Gambar 10.7** Segitiga untuk menunjukkan teknik penempatan tegakan dalam ordinasasi tegakan secara geometris sepanjang sebuah sumbu. Keterangan: A = tegakan terminal pertama; T = sebuah tegakan;  $jA$  = nilai ID atau jarak (J) dari tegakan T ke tegakan A;  $jB$  = nilai ID atau jarak dari tegakan T ke tegakan B;  $T_p$  = posisi dari sebuah tegakan (T) pada sumbu  $x$ ;  $e$  = tinggi titik pertemuan dua lengkung ( $jA$  dan  $jB$ ) di atas (atau di bawah) sumbu  $x$ ;  $AB$  = sumbu  $x$  =  $P$ , nilai ketidaksamaan antara tegakan acuan A dan tegakan acuan B;  $x$  = jarak  $T_p$  dari A pada sumbu  $x$ ;  $P-x$  = jarak  $T_p$  dari B pada sumbu  $x$ .

Sebagai contoh akan ditunjukkan penghitungan untuk penentuan posisi releve 1 pada sumbu  $x$  yang dibentuk oleh releve 4 dan 21 sebagai tegakan terminal. Untuk releve 1 nilai  $jA$  adalah 28,2 (lihat Tabel 10.13, nilai ID untuk releve 1 dan 4) dan nilai  $jB$  adalah 89,6 (nilai ID untuk releve 1 dan 21),  $P = 88,6$  (nilai ID untuk tegakan acuan 4 dan 21). Dengan memasukkan nilai-nilai tersebut ke dalam rumus Beals, posisi releve 1 sepanjang sumbu  $x$  adalah:

$$x = \frac{7849,96 + 795,24 - 8028,16}{177,2} = 3,5$$

Penghitungan dilanjutkan hingga semua tegakan memperoleh posisinya sepanjang sumbu  $x$ . Gambar 10.8, menunjukkan 25 releve pada posisinya masing-masing. Tabel 10.14, memberikan nilai ordinasasi. Ordinasasi sumbu  $x$  ini belum memenuhi tujuan bahwa posisi tegakan mencerminkan kesamaan antartegakan. Banyak releve terletak berdekatan pada sumbu  $x$ , tetapi sebenarnya releve-releve itu satu sama lain tidak terlalu mirip. Hal tersebut terutama dapat dilihat pada tegakan-tegakan yang terletak di bagian tengah sumbu. Misalnya, releve 6 dan 20

menduduki posisi sama pada sumbu  $x$ , tetapi indeks kesamaan antara dua releve ini hanya 38,6% (nilai  $IS$ , Tabel 10.13).



Indeks ketidaksamaan

**Gambar 10.8** Ordinasasi 25 releve *Arrhenatherum* (Tabel 9.7) sepanjang sumbu  $x$  dengan acuan ke tegakan 4 dan 21 sebagai tegakan terminal A dan B.

### 10.7.2.2 Pembuatan Sumbu $y$

Langkah berikutnya adalah pemisahan tegakan-tegakan pada sumbu kedua untuk memperoleh perkiraan geometris hubungan kesamaan tegakan-tegakan tersebut. Ini memerlukan pembuatan sumbu  $y$ . Pertama-tama kita harus memilih dua tegakan terminal untuk sumbu  $y$ .

Logis sekali bahwa tegakan acuan pertama pada sumbu  $y$  adalah tegakan yang paling tidak cocok terhadap sumbu  $x$ . Tegakan tersebut adalah tegakan yang mempunyai nilai-nilai  $ID$  terbesar terhadap tegakan terminal. Kecocokan sebuah tegakan terhadap sumbu  $x$  ditunjukkan oleh “ $e$ ” pada Gambar 10.7. Oleh karena itu, kecocokan sebuah tegakan dapat dihitung dengan rumus  $e^2 = (jA)^2 - x^2$ .

Sebagai contoh, nilai  $e^2$  untuk releve 1 adalah  $e^2 = 28,2^2 - 3,5^2 = 795,24 - 12,25 = 782,99$ . Nilai  $e^2$  untuk 25 releve ditunjukkan dalam Tabel 10.15. Tegakan dengan nilai  $e^2$  tertinggi adalah releve 2. Tetapi, tegakan acuan sumbu  $y$  harus juga mempunyai paling tidak tiga nilai  $IS$  lebih dari 50%, yang tidak dimiliki oleh releve 2 (lihat Tabel 10.13.). Tegakan yang memenuhi kriteria tersebut adalah releve 14, yang mempunyai nilai  $e^2$  tertinggi keempat. Menurut Newsome & Dix (1966), tegakan juga harus terletak pada sekitar tengah-tengah (50%) sumbu ordinasasi pertama. Persyaratan ini dipenuhi oleh releve 14, sehingga releve ini menjadi tegakan acuan pertama ( $A'$ ) untuk sumbu  $y$ . Letak tegakan acuan kedua ( $B'$ ) pada sumbu  $x$  harus dekat dengan acuan tegakan pertama, sehingga sumbu  $y$  akan sejauh mungkin tegak lurus pada sumbu  $x$ . Batas posisi secara manasuka adalah sekitar 10% dari panjang total sumbu  $x$ . Dalam contoh di atas,  $B'$  harus



## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

berada dalam batasan  $\pm 8,9$  unit dari  $A'$ . Nilai  $x$  dari  $A'$  (releve 14) adalah 56,6 (Tabel 10.1.4). Terdapat tiga tegakan dalam kisaran antara 47,7 dan 65,5, yaitu releve 7, 12 dan 24. Dari tiga releve ini, releve 24 adalah yang paling berbeda dari releve 14. Oleh karena itu, releve 24 menjadi  $B'$ . Tegakan tersebut mempunyai lebih dari tiga indeks kesamaan yang melebihi 50 sehingga persyaratan kesamaan yang tinggi terhadap tegakan-tegakan lain terpenuhi.

Langkah berikutnya adalah penghitungan nilai  $y$  untuk setiap releve, dengan rumus Beals:

$$y = \frac{P^2 + (jA)^2 - (jB)^2}{2P}$$

Nilai sumbu  $y$  disajikan dalam Tabel 10.14.

Sekarang dengan mudah setiap posisi releve dapat dipetakan dengan nilai  $x$  dan  $y$  sebagai koordinatnya pada sebuah grafik (Gambar 10.9). Dalam grafik ini releve diidentifikasi seperti diklasifikasi sebelumnya dalam Tabel 9.7. Tiga kelompok dapat dikenal, yaitu  $A$  = releve-releve *Arrhenatherum-Bromus erectus*,  $B$  = releve tipikal *Arrhenatherum*, dan  $C$  = releve-releve *Arrhenatherum - Cirsium oleraceum*. Ketiga kelompok sesuai dengan kondisi tanah kering, lembap, dan basah. Kedua sumbu grafik ordinasasi menunjukkan ketujuh releve dalam kelompok  $A$  terpisah jelas dari kelompok  $B$  dan  $C$ . Releve kelompok  $C$  terkumpul di bawah kanan grafik, sementara kelompok  $B$  membentuk gugus di atas kelompok  $C$ . Jelas bahwa berdasarkan komposisi floristik total kelompok  $B$  dan  $C$  membentuk suatu kontinum vegetasi. Dua releve dari kelompok  $C$  (23 dan 25) bahkan berbaur dalam kelompok  $B$ . Pola sebaran menunjukkan juga bahwa releve-releve  $A$ , meskipun secara floristik nyata terpisah dari dua kelompok lain, pada umumnya satu sama lain lebih berbeda daripada enam releve dalam kelompok  $B$ , yang terpisah tidak terlalu jauh. Releve 19, yang dicoret dari Tabel 9.7 karena komposisi floristiknya yang abnormal, terletak dalam kelompok  $B$ . Hal ini terjadi mungkin karena kenyataan bahwa indeks kesamaan ( $IS=w$ ) memilah releve hanya berdasarkan jenis-jenis bersama, sedangkan jenis yang khas diabaikan.

Perlakuan Matematika Data Vegetasi

**Tabel 10.14** Nilai ordinasi 25 Releve *Arrhenatherum* untuk sumbu ordinasi x, y, dan z. Nilai dalam kotak adalah nilai untuk releve ujung pada masing-masing sumbu.

NOMOR RELEVE	x	y	z
1	3.5	38.5	74.0
2	46.7	51.2	15.7
3	28.6	44.3	45.3
4	0	41.2	79.6
5	68.4	29.7	18.6
6	65.6	4.5	15.6
7	56.7	3.6	7.1
8	68.7	2.2	19.2
9	16.0	53.9	59.2
10	27.7	34.8	41.1
11	71.6	20.2	12.5
12	63.5	40.6	0
13	68.3	19.6	14.3
14	56.6	0	20.5
15	31.2	52.2	45.8
16	66.4	31.5	13.1
17	74.5	29.7	13.4
18	76.6	33.5	5.9
19	77.2	42.5	18.8
20	65.8	40.7	19.9
21	88.6	37.9	8.9
22	79.3	43.8	12.9
23	67.3	42.3	13.0
24	54.2	61.6	21.0
25	75.4	42.8	14.7

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

**Tabel 10.15** Nilai  $e^2$  yang menunjukkan kecocokan setiap cuplikan tegakan terhadap sumbu ordinasasi pertama yang dibentuk oleh releve 4 dan 21:  $e^2 = (jA)^2 - x^2$

NOMOR RELEVE	NILAI $e^2$	NOMOR RELEVE	NILAI $e^2$
1	782.99	14	3325.08
2	4976.27	15	773.80
3	1353.60	16	1959.08
4	0	17	1075.71
5	2343.88	18	1154.88
6	3370.40	19	2763.72
7	4250.07	20	2394.36
8	2471.35	21	0
9	927.36	22	700.47
10	2504.55	23	2359.71
11	1895.88	24	2304.12
12	2303.91	25	1676.48
13	2594.15		

### 10.7.2.3 Pembuatan Sumbu Z

Akan menarik untuk melihat apakah kelompok releve *B* dan *C* akan terpisah lebih lanjut dengan mengatur lagi releve-releve tersebut dalam dimensi ketiga. Ini dapat dilakukan dengan membuat sumbu *z*.

Prosedur pembuatan sumbu *z* hampir sama seperti membuat sumbu *y*. Tetapi, pemilihan acuan tegakan pertama ( $A''$ ) sumbu *z* melibatkan penelaahan sumbu *x* dan *y* untuk mencari tegakan-tegakan yang terletak di kisaran pertengahan 50% dari sumbu-sumbu tersebut (Newsome & Dix 1966).

Panjang sumbu *x* adalah 88,6. Kisaran pertengahan 50% adalah  $44,3 \pm 22,2$ . Tegakan-tegakan dengan nilai ordinasasi *x* antara 22,1 dan 66,5 termasuk releve-releve 2, 3, 6, 7, 10, 12, 14, 15, 16, 20, dan 24 (Tabel 10.1.4). Tetapi,  $A''$  harus juga terletak di pertengahan 50% sumbu *y*. Panjang sumbu *y* adalah 61,6. Oleh karena itu, kisaran pertengahan 50% adalah  $30,8 \pm 15,4$ . Terdapat lima releve yang mempunyai nilai antara 15,64 dan 46,2 dan terletak pada kisaran pertengahan 50% sumbu *x*, yaitu releve-releve 3, 10, 12, 16 dan 20. Salah satunya akan menjadi  $A''$ .

Tegakan acuan pertama ( $A''$ ) harus merupakan releve yang paling tidak cocok terhadap kedua sumbu. Situasi yang paling tidak cocok ini ditunjukkan oleh nilai jumlah tertinggi  $e_x^2 + e_y^2$ . Persyaratan ketiga adalah bahwa tegakan mempunyai

hubungan yang cukup tinggi dengan releve-releve lainnya. Oleh karena itu, tegakan acuan tersebut harus mempunyai tiga nilai *IS* lebih besar dari 50%.

Releve-releve yang dipilih jadi kandidat *A''* pada sumbu *x* adalah:

NOMOR RELEVE	$e_x^2$	$e_y^2$	$(e_x^2 + e_y^2)$
3	1353.60	1981.35	3334.95
10	2504.55	1513.8	4018.35
12	2303.91	1809.08	4112.99
16	1959.08	1608.75	3567.83
20	2394.36	1684.35	4078.71

**Sementara**  $e_x^2 = (jA)^2 - x^2$   
 $e_y^2 = (jA')^2 - y^2$

**Contoh releve 3:**  $x^2 = 28,9^2 (jA)^2 = 46,6^2$   
 $y^2 = 44,3^2 (jA')^2 = 62,8^2$

Releve 12 menjadi *A''*, karena releve ini mempunyai jumlah nilai  $(e_x^2 + e_y^2)$  tertinggi dan juga menunjukkan paling tidak tiga nilai *IS* lebih besar dari 50%; kenyataannya mempunyai empat. Tegakan yang paling tidak sama dengan releve 12 adalah releve 4; kesamaannya terhadap releve 4 hanya 20,4% (Tabel 10.1.3). Releve 4 juga memenuhi persyaratan kesamaan kelompok secara keseluruhan, yang dalam hal ini releve 4 mempunyai paling tidak tiga nilai *IS* lebih dari 50%. Oleh karena itu, dua acuan tegakan terminal sumbu *z* adalah releve 12 = *A''* dan releve 4 = *B''*.

Nilai ordinasi sumbu *z* dihitung dengan menggunakan rumus Beals sebagai berikut:

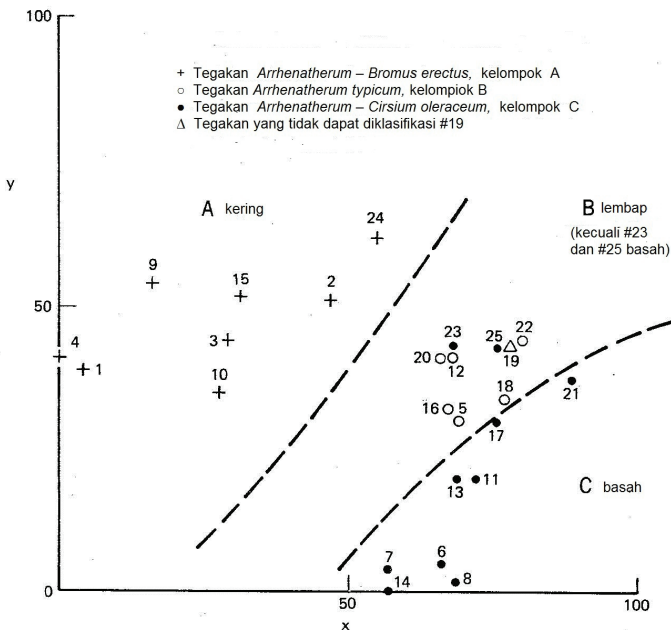
$$z = \frac{(P'')^2 + (jA'')^2 - (jB'')^2}{2P''}$$

Nilai sumbu *x* tercantum dalam Tabel 10.14 Gambar 10.10 menunjukkan nilai ordinasi *z* yang dipetakan pada nilai ordinasi *x*. Ordinasi tiga dimensi dapat diperoleh dengan menggabungkan dua grafik, yaitu ordinasi *y/x* (Gambar 10.9.) dan ordinasi *z/x* (Gambar 10.10.). Titik-titik yang dipetakan pada bidang dua dimensi pada ordinasi *y/x* dapat diangkat secara vertikal sampai ketinggian yang diberikan sumbu *z*. Tetapi, dalam hal ini sebuah gambar tiga-dimensi yang rumit tidak akan menambah klarifikasi piktorial. Ordinasi *z/x* menunjukkan bahwa

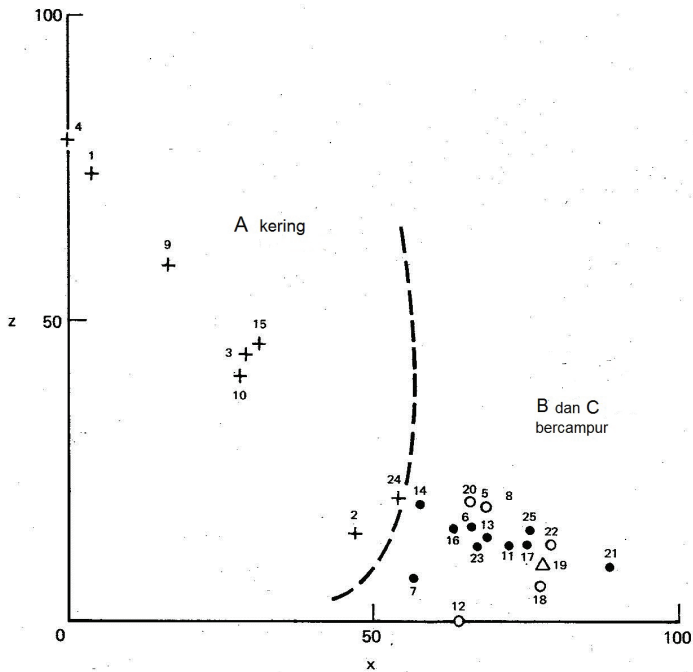
## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi

releve-releve dalam kelompok *A* diangkat sampai ke tingkat tertinggi, kecuali releve 2. Pemisahan antara releve-releve dalam kelompok *A* dan kelompok *B* dipertahankan. Tetapi, ordinasi  $z/x$  memperjelas koneksi yang lebih menerus antara releve-releve dalam kelompok *A* dan *C*. Selanjutnya releve dalam kelompok *B* tidak tampak pada posisi antara seperti dalam ordinasi  $y/x$ . Alih-alih releve-releve dalam kelompok *B* dan *C* membentuk satu gugus.

Ini dapat diterangkan dengan kenyataan bahwa releve 12, yang menjadi tegakan acuan pertama sumbu, sebenarnya merupakan tegakan pusat atau tegakan *Arrhenatherum typicum*. Oleh karena itu, ordinasi sumbu  $z$  bukan ordinasi dari satu ekstrem floristik ke ekstrem floristik yang lain, ordinasi tegakan rata-rata atau tegakan tipikal ke tegakan ekstrem. Releve 4, yang menjadi tegakan acuan kedua pada sumbu  $z$ , juga merupakan tegakan acuan pertama pada sumbu  $x$ . Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ordinasi  $y/x$  sudah cukup menunjukkan kecenderungan penting variasi floristik total antartegakan. Meskipun demikian, suatu distorsi dapat terjadi dalam setiap diagram pencair untuk menggambarkan hubungan kesamaan dua dimensi, yang pada kenyataannya adalah hubungan multidimensi.



**Gambar 10.9** Ordinasi nilai  $x/y$  25 releve yang disajikan dalam Tabel 9.7.



**Gambar 10.10** Ordinası nilai  $z/x$  25 tegakan rumput *Arrhenatherum* yang ditunjukkan pada Tabel 9.7. Lambang seperti pada Gambar 10.9. Ordinası tiga dimensi dapat dibuat dengan menggabungkan grafik ini dengan Gambar 10.9. Posisi tegakan pada sumbu  $x$  sama di keduanya.

#### 10.7.2.4 *Prosedur Modifikasi*

Yang lebih menarik dari penggambaran hubungan releve dalam dimensi ketiga adalah pertanyaan apakah tegakan-tegakan acuan lain tidak akan menghasilkan ordinası dua dimensi lain. Pemilihan tegakan acuan merupakan aspek sangat penting dalam ordinası, dan berbagai tulisan mengenai masalah ini telah diterbitkan (Orloci 1966; Austin & Orloci 1966; Swan, Dix & Wehrhan 1966; Van Den Maarel 1969). Tujuan penting adalah mencari sumbu-sumbu yang menentukan hubungan-hubungan berbagai tegakan dengan variasi vegetasinya secara maksimal. Ini tidak selalu identik dengan pemilihan tegakan-tegakan ekstrem untuk menentukan sumbu-sumbu, karena tegakan-tegakan ekstrem mungkin tidak ada hubungannya dengan variasi utama antara tegakan-tegakan lainnya. Releve 19 adalah tegakan seperti itu, yang tidak mempunyai hubungan dengan releve-releve lain.

Prosedur matematika untuk mencari sumbu-sumbu yang dapat menyatakan dengan baik variasi vegetasi secara maksimal dalam deretan tegakan agak rumit. Penjelasan tentang berbagai teknik ordinasasi yang lebih baik, yang dikenal sebagai analisis faktor (Dagnelie 1960), **analisis komponen utama** (*principal components analysis*), dan **teknik vektor posisi** (*position vectors technique*) (Orloci 1966) berada di luar cakupan buku ini.

Kita akan menerapkan sebuah pendekatan alternatif sederhana untuk memilih tegakan acuan dari data kita. Kita mengasumsikan sumbu-sumbu yang menunjukkan variasi maksimum dalam deretan tegakan kita ditentukan oleh tegakan-tegakan yang secara floristik ekstrem. Tetapi, kita mengeluarkan releve 19 sebagai tegakan acuan, karena sangat berbeda dari releve-releve lain dengan pertimbangan yang telah dijelaskan terdahulu.

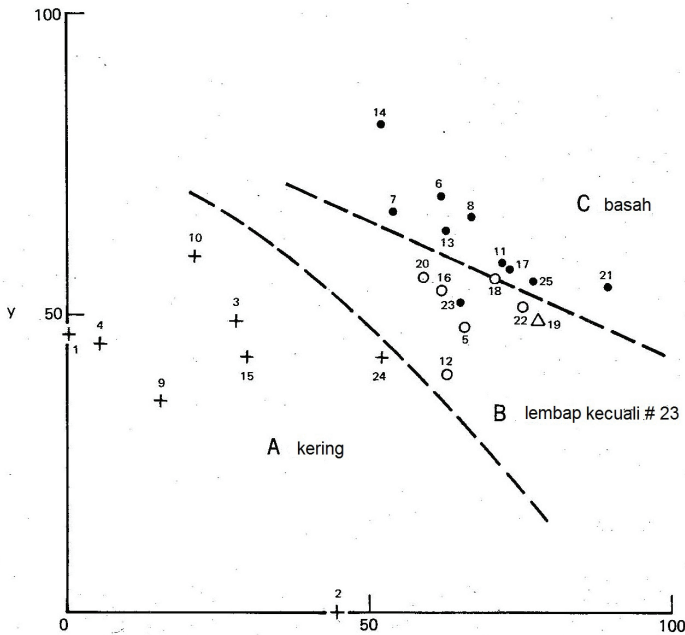
Oleh karena itu, kita tidak akan menerapkan kriteria Swan & Dix (1966) bahwa semua tegakan mempunyai paling tidak tiga indeks kesamaan 50% atau lebih, tetapi kita akan memakai kriteria perbedaan terbesar yang digunakan Bray & Curtis (1957). Tegakan-tegakan dengan nilai  $IS$  terbesar dalam Tabel 10.13 (tidak termasuk releve 19) adalah releve 1 dan 21. Kita dapat menggunakan releve 1 sebagai titik nol dari sumbu  $x$  dan releve 21 sebagai titik terminal kedua. Posisi-posisi tegakan lainnya pada sumbu  $x$  dihitung dengan cara seperti telah dikemukakan di atas. Tegakan yang dengan nilai  $e^2$  tertinggi adalah releve 2, yang dijadikan titik nol sumbu  $y$ . Releve yang paling tidak sama dengan releve 2 dan terletak dalam 10% dari panjang sumbu  $x$  releve 2 adalah releve 14. Jadi, releve 14 menjadi tegakan terminal kedua sumbu  $y$ .

Gambar 10.11 menunjukkan ordinasasi baru tersebut, yang masih memiliki releve 21 sebagai tegakan acuan kedua sumbu  $x$ , sama seperti dalam ordinasasi pertama (Gambar 10.9).

Menarik untuk dicatat bahwa perubahan dalam tegakan acuan menyebabkan sumbu-sumbu berputar  $90^\circ$  bila dibandingkan dengan Gambar 10.9. Secara keseluruhan posisi-posisi releve tidak berubah banyak. Tetapi, ada satu perbedaan penting. Releve 25 tidak bercampur lagi dalam kelompok  $B$ , tetapi sekarang jelas merupakan bagian dari kelompok  $C$ . Dalam hal tersebut, ordinasasi kedua ini dapat dikatakan sebagai perbaikan dari ordinasasi pertama.

Dagnelie (1960) mengolah data 25 releve yang sama dengan analisis faktor dan menghasilkan kelompok releve yang sangat mirip (Gambar 10.12). Teknik canggih yang melibatkan banyak matematika tersebut tidak akan dibahas dalam buku ini. Teknik tersebut memerlukan waktu penghitungan empat kali lebih

banyak daripada metode ordinasinya sederhana yang dibahas di sini. Ordinasinya Dagnelie menunjukkan penggugusan kelompok releve *A*, *B*, dan *C* yang agak lebih jelas. Pada grafik Dagnelie, releve 25 terletak di tengah kelompok releve *C*, sehingga menunjukkan kesamaan lebih banyak terhadap kelompok ini dibandingkan pada Gambar 10.11. Releve 13 dan 17 merupakan penghubung antara kelompok *B* dan *C* pada grafik Dagnelie. Hal tersebut benar juga dalam ordinasinya sederhana pada Gambar 10.11. Sementara itu, releve 11 menjadi tegakan yang paling ekstrem di kelompok *C* pada ordinasinya Dagnelie. Dalam Gambar 10.11, releve ini mempunyai posisi dekat dengan releve 18, yang dapat dianggap sebagai tegakan tipikal kelompok *B* karena mempunyai kesamaan terbesar terhadap semua tegakan lainnya (Tabel 10.13).

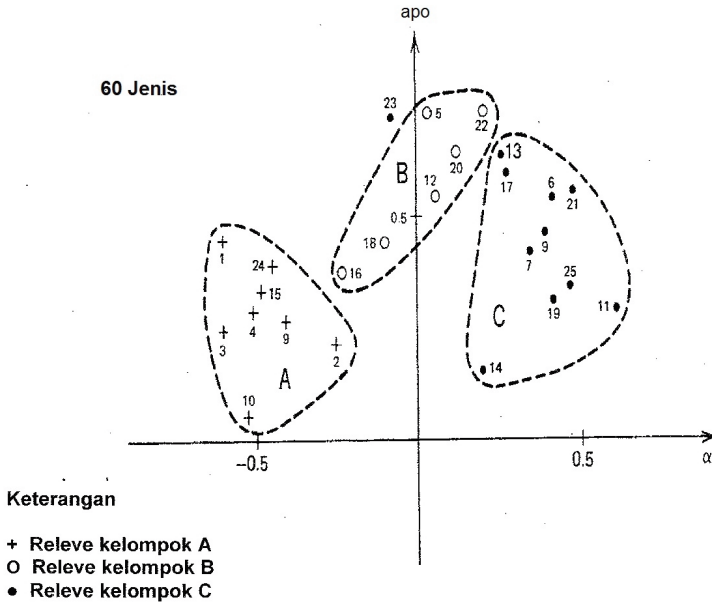


**Gambar 10.11** Ordinasinya nilai  $y/x$  25 releve *Arrhenatherum* berdasarkan tegakan acuan berbeda. Lambang sama dengan yang terdapat pada Gambar 10.9. Penjelasan dalam teks.

Releve 23 yang diklasifikasi dalam tabel pembeda (Tabel 9.7) sebagai tegakan *C* (karena mengandung dua jenis dari kelompok *Cirsium oleraceum*), tetapi dalam ordinasinya Dagnelie terletak di luar kelompok tegakan *C*. Berdasarkan keseluruhan floristika releve tersebut mempunyai kesamaan yang lebih dekat dengan kelompok *B*. Seperti terlihat dalam Tabel 9.7, beberapa jenis pembeda yang ada dalam tegakan-tegakan lain kelompok *C* tidak terdapat dalam releve 23.



## Klasifikasi dan Ordinasi Data Vegetasi



**Gambar 10.12** Ordinasi 25 releve *Arrhenatherum* dengan analisis tipe-Q (dari Dagnelie 1960, sedikit dimodifikasi)

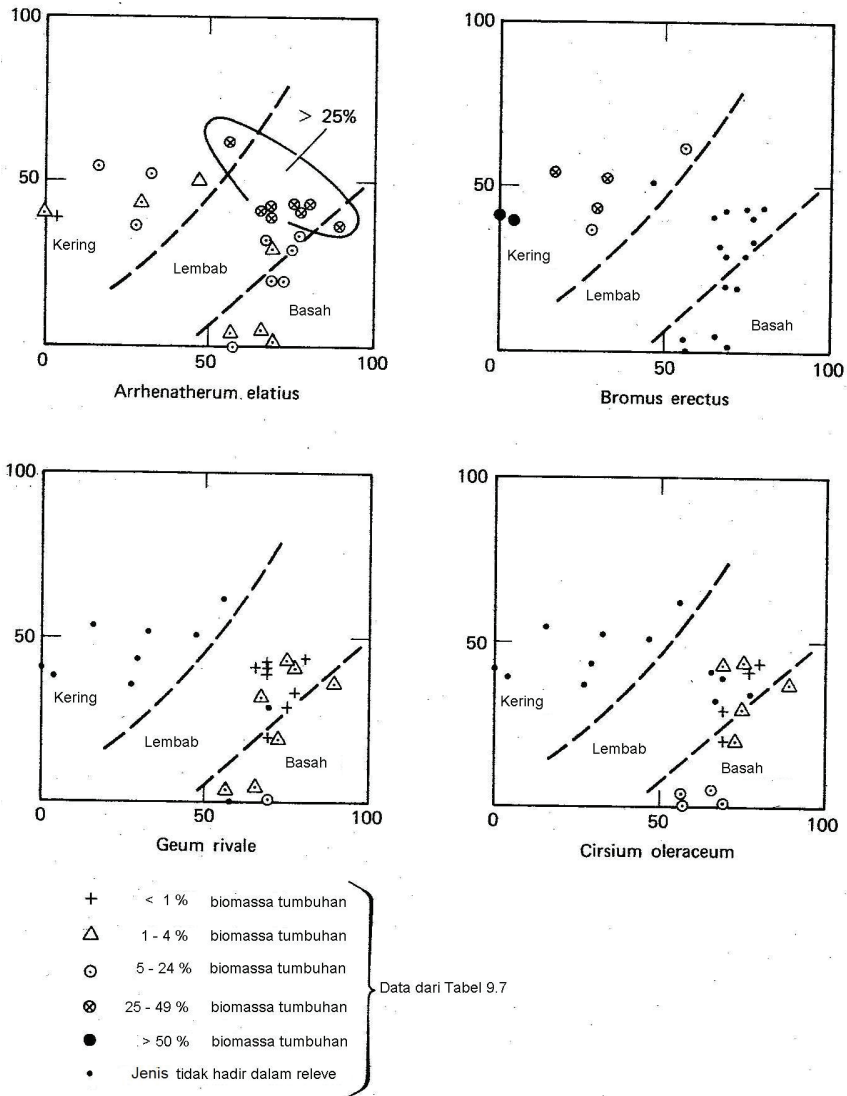
### 10.7.2.5 Grafik Ordinasi Sebaran Jenis

Grafik ordinasi dapat digunakan untuk melukiskan sebaran masing-masing jenis dalam berbagai tegakan cuplikan di mana jenis tersebut hadir. Selanjutnya representasi kuantitatif dapat pula ditunjukkan dengan membagi parameter kuantitatif menjadi kelas-kelas terbatas yang dapat diidentifikasi dengan lambang pada grafik.

Sebagai contoh, kita dapat melukiskan pada ordinasi  $y/x$  (Gambar 10.9) sebaran kuantitatif empat jenis, yaitu *Arrhenatherum elatius*, *Bromus erectus*, *Geum rivale*, dan *Cirsium oleraceum* (Gambar 10.13). Untuk maksud tersebut persentase biomassa tumbuhan (ditunjukkan dalam Tabel 9.2.-9.7) dibagi menjadi lima kelas, seperti ditunjukkan dalam Gambar 10.13. Pola sebaran jenis jelas menunjukkan kecenderungan tertentu. *Arrhenatherum elatius* terdapat di semua tegakan, tetapi biomassanya paling tinggi terdapat pada vegetasi rumput yang bertanah basah. *Bromus erectus* jelas hanya terdapat pada tanah kering, dan di sini menjadi dominan. Jenis ini hanya terdapat dalam kuantitas yang besar atau tidak hadir sama sekali. *Geum rivale* dan *Cirsium oleraceum* hanya berkembang

## Perlakuan Matematika Data Vegetasi

pada bagian vegetasi rumput dengan habitat basah dan lembab. *Cirsium oleraceum* tumbuh dalam jumlah banyak (mencapai sekitar seperempat dari biomassa tegakan) hanya di habitat lembab. Bila ditinjau dari segi kehadirannya *Geum* dan *Cirsium* tidak banyak berbeda. Mereka menempati segmen habitat yang sama.



**Gambar 10.13** Sebaran kuantitatif empat jenis dalam 25 releve *Arrhenatherum* seperti diordinasikan dalam Gambar 10.9.

Informasi ini dapat dibaca langsung dari tabel pembeda (Tabel 9.7). Oleh karena itu, pemetaan jenis dengan nilai kuantitatif pada grafik ordinasasi sama dengan menunjukkan distribusi jenis dalam sebuah tabel pembeda. Pemakaian tabel pembeda lebih komprehensif karena semua jenis dapat dibandingkan sekali gus secara terperinci.

### 10.7.2.6 Uji Statistik Sebuah Ordinasasi

Perlu dipahami bahwa grafik ordinasasi hanya sebuah perkiraan geometrik untuk melukiskan nilai-nilai ketidaksamaan (Tabel 10.13). Dengan alasan ini, efisiensi grafik ordinasasi perlu diuji. Pengujian itu dilakukan dengan membandingkan nilai-nilai ketidaksamaan atau nilai-nilai beda (dari Tabel 10.13) antara sejumlah pasangan releve yang dipilih secara acak interval ordinasasi yang disajikan pada grafik.

Karena ordinasasi  $y/x$  pada Gambar 10.9 tampaknya sudah cukup menerangkan hubungan kesamaan, di sini kita hanya akan menguji ordinasasi  $y/x$ . Interval ordinasasi dihitung untuk setiap pasangan releve dengan rumus Pythagoras sebagai berikut:

$$\text{interval ordinasasi} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

dan dalam hal ini interval ordinasasi merupakan sisi miring segi tiga siku-siku yang dibentuk oleh dua nilai sumbu (Tabel 10.14). Interval ordinasasi untuk ketiga sumbu dapat dihitung dengan:

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

Sebagai contoh untuk pasangan releve pertama yang dipilih secara acak, yaitu releve 16 dan 25 (Tabel 10.13), interval ordinasasi dalam Gambar 10.9 adalah

$$\sqrt{(75,4 - 66,4)^2 + (42,8 - 31,5)^2} = \sqrt{208,69} = 14,4$$

Kedua nilai (interval ordinasasi dan indeks ketidaksamaan) masing-masing menjadi nilai  $x$  dan  $y$  dalam perhitungan koefisien korelasi  $r$ , yaitu:

## Perlakuan Matematika Data Vegetasi

$$r = \frac{\text{kovarian x dan y}}{\sqrt{[\text{varian (x)}] \cdot [\text{varian (y)}]}} = \frac{(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{[\sum(x - \bar{x})^2 \cdot \sum(y - \bar{y})^2]}}$$

Untuk memudahkan perhitungan rumus sering ditulis sebagai berikut:

$$r = \frac{s_{xy} - (s_x \cdot s_y)/n}{\sqrt{[s_{x^2} - \frac{(s_x)^2}{n}] [s_{y^2} - \frac{(s_y)^2}{n}]}}$$

Pertama-tama sebuah tabel disiapkan untuk semua unsur dalam rumus tersebut di atas (Tabel 10.16). Sepuluh perbandingan interval ordinasi dan indeks ketidaksamaan dipilih secara acak dengan menggunakan tabel acak dari buku penuntun statistik (Quenquille 1953).

Untuk derajat kebebasan  $n-2=8$  kita peroleh dari sebuah tabel-t (Quenquille 1950) nilai  $t = 3,83$  pada taraf nyata 0,5% dan  $t = 5,04$  pada taraf nyata 0,1%. Jadi, nilai  $t = 4.53$  menunjukkan korelasi antara indeks ketidaksamaan dan interval ordinasi sangat nyata, melebihi taraf probabilitas 0,5%.

**Tabel 10.16** Sepuluh pasangan releve yang dipilih secara acak untuk membandingkan interval ordinasi yang ditunjukkan pada Gambar 10.9 dengan nilai indeks ketidaksamaan (ID) (dari Tabel 10.13) dengan koefisien korelasi.

PASANGAN RELEVE	INTERVAL ORDINASI x	NILAI ID y	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
16:25	14,4	50,4	725,76	207,36	2.540,16
21:2	44,0	82,0	3.680,00	1.936,00	6.724,00
22:17	14,9	43,00	640,70	222,01	1.849,00
23:6	37,8	61,6	2.328,48	1.428,84	3.794,56
18:4	77,00	83,8	6.452,60	5.929,00	7.022,44
24:8	61,1	75,8	4.631,38	3.733,21	5.745,64
13:3	46,8	58,6	2.743,48	2.190,24	3.433,96
12:1	60,0	79,0	4.740,00	3.600,00	6.241,00
14:7	3,6	48,6	174,96	12,96	2.361,96
9:15	15,3	26,2	400,86	2324,09	686,44
Jumlah	374,9	609,0	26.445,22	19.493,71	40.399,16

## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

Penghitungan pembilang:

$$S_{xy} = 26.445,22$$
$$\frac{S_x \cdot S_y}{n} = \frac{347,9 \times 609,0}{10} = 22.831,41$$

$$\text{Pembilang} = 26.445,22 - 22.831,41 = 3613,81$$

Penghitungan penyebut:

$$S_x^2 = 19.493,71$$
$$\frac{(S_x)^2}{n} = \frac{347,9^2}{10} = 14.055,00$$

$$19.493,71 - 14.055,00 = 5438,71$$

$$S_y^2 = 40.399,16$$

$$\frac{(S_y)^2}{n} = \frac{609^2}{10} = 37.088,10$$

$$40.399,16 - 37.088,10 = 3311,06$$

$$\text{Penyebut} = \sqrt{5438,71 \times 3311,06} = \sqrt{18.007.895,13} = 4243,57$$

$$r = \frac{3613,91}{4243,52} = 0,85$$

Untuk mengetahui apakah uji korelasi  $r = 0,85$  ini nyata dapat digunakan uji-t Student (Moroney 1954):

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,85 \sqrt{8}}{\sqrt{1-(0,85)^2}} = \frac{0,85 \times 2,829}{\sqrt{1-0,72}} = \frac{2,4}{\sqrt{0,28}} = \frac{3,4}{0,53} = 4,53$$

Perlu dibuat sebuah diagram pencar nilai  $ID$  menurut interval ordinasasi pada sebuah grafik (Gambar 10.14). Kemudian dibuat garis lurus untuk memungkinkan melihat korelasi dua ukuran ketidaksamaan secara visual. Garis lurus ini dinyatakan dengan rumus:

## Perlakuan Matematika Data Vegetasi

$$y = a + bx$$

di mana  $x$  = interval ordinasi yang sesuai dengan  $y$  = nilai  $ID$ ;  $a$  = titik potong pada sumbu  $y$ ,  $b$  = lereng dari garis. Penghitungan untuk garis lurus adalah sebagai berikut (Moroney 1954):

Substitusi nilai-nilai  $x$  dan  $y$  (dari Tabel 10.16.) dalam rumus:

$50.4 = a + 14.4b \text{ dikalikan dgn } 14.4$ $82.0 = a + 44.0b \text{ dikalikan dgn } 44.00$ $\cdot \quad \cdot \quad \cdot$ $\cdot \quad \text{dsb.} \quad \cdot \quad \text{dsb.} \quad \cdot$ $\cdot \quad \cdot \quad \cdot$ <hr style="width: 80%; margin-left: 0;"/> <p>Jumlah <math>609.0 = 10a + 374.9b</math></p>	$725.76 = 14.4a + 207.36b$ $3608.00 = 44.0a + 1936.00b$ $\cdot \quad \cdot \quad \cdot$ $\cdot \quad \text{dsb.} \quad \cdot$ $\cdot \quad \cdot \quad \cdot$ <hr style="width: 80%; margin-left: 0;"/> <p>Jumlah <math>26,445.22 = 374.9a + 19493.71b</math></p>
--	---

Hilangkan  $b$  dengan menggabungkan kedua persamaan:

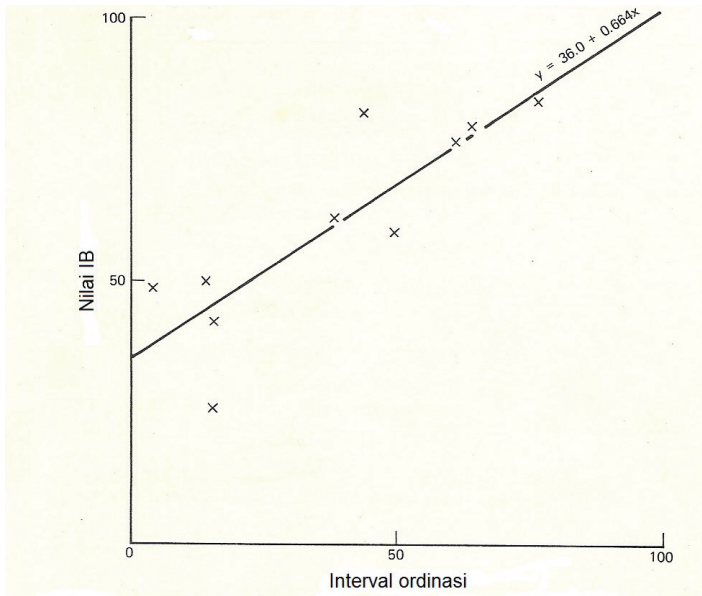
$$\begin{array}{r}
 609.0 = 10a + 374.9b \quad \times 51.9971 \\
 26,445.22 = 374.9a + 19,493.71b \\
 \hline
 31,666.23 = 520.0a + 19,493.71b \\
 26,445.22 = 374.9a + 19,493.71b \quad - \\
 \hline
 5221.01 = 145.1a \\
 a = 36.0 \\
 609 = 10a + 374.9b \\
 609 = 360 + 374.9b \\
 b = \frac{249}{374.9} = 0.664 \\
 y = 36.0 + 0.664x
 \end{array}$$

Untuk pemeriksaan: karena jumlah  $x = 374,9$  dan jumlah  $y = 609$  untuk  $n = 10$ , maka kita peroleh  $x = 37,5$  dan  $y = 60,9$  dan

$$y = a + bx$$

$$60,9 = 36,0 + 24,9$$

Untuk menarik garis lurus pada diagram pencar (Gambar 10.14), gunakan  $x = 37,5$  dan  $y = 60,9$  sebagai titik pertama. Untuk titik kedua gunakan  $x = 0$  dalam rumus sehingga diperoleh  $y = 36,0$



**Gambar 10.1.4** Diagram pencar indeks ketidaksamaan (nilai *ID*) terhadap interval ordinasi dan garis lurus menunjukkan kecenderungan nilai-nilai tersebut; nilai *x* dan *y* dari Tabel 10.16.

### 10.8. METODE DENDROGRAM

Dalam dasawarsa terakhir, dendrogram telah menjadi cara populer untuk menyajikan hasil klasifikasi dengan komputer. Teknik klasifikasi ini dikenal juga sebagai **analisis gugus** (*cluster analysis*). Seperti grafik ordinasi, sebuah dendrogram adalah alat grafis untuk menyajikan hubungan kedekatan berdasarkan matriks kesamaan. Berbeda dengan ordinasi dua dimensi, tegakan (atau jenis) tidak ditunjukkan sebagai titik-titik individual di dalam ruang geometris, tetapi ditampilkan sebagai gugus-gugus pasangan yang dikaitkan bersama pada taraf-taraf kesamaan tertentu. Gugus-gugus pasangan selanjutnya digabungkan menjadi gugus-gugus yang lebih inklusif atau digeneralisasikan sehingga membentuk sebuah susunan hierarki.

Terdapat beberapa teknik analisis gugus yang menggunakan dendrogram untuk penyajian data. Beberapa di antaranya diulas oleh Sokal & Sneath (1963). Gower (1967) membedakan antara **metode aglomerasi** (*agglomerative*) dan **metode divisi** (*divisive*). Banyak teknik klasifikasi dengan komputer (misalnya Goodall 1953a; Williams & Lambert 1959) adalah metode divisi, yang berarti bahwa analisis gugus berjalan dari atas dengan proses membagi-bagi. Analisis gugus seperti itu analog misalnya dengan klasifikasi vegetasi berdasarkan struktur

yang dibuat oleh Fosberg. Ia memulai dari hal yang umum dan berlanjut dengan hal yang lebih terinci dengan bantuan sebuah kunci (lihat Bab 8.7.3). Sering kali teknik analisis gugus divisi ini bersifat **monotetik** (*monothetic*), yang berarti pada setiap fase pembagian hanya menggunakan satu karakter. Tetapi, klasifikasi dapat juga bersifat **politetik** (*polythetic*) yang menggunakan beberapa karakter. Analisis gugus aglomerasi berjalan dari taraf terinci yang paling bawah ke taraf yang lebih umum. Sistem Braun-Blanquet adalah contoh analisis gugus yang pada awalnya aglomerasi untuk membangun unit-unit hierarki dengan perbandingan tegakan-tegakan dan kelompok-kelompok jenis pembeda (Bab 9). Selanjutnya metode tersebut bersifat politetik, karena yang digunakan adalah kelompok-kelompok jenis (kelompok jenis pembeda), bukan jenis tunggal.

### 10.8.1 PEMBUATAN DENDROGRAM DENGAN ANALISIS GUGUS

Dendrogram yang ditunjukkan pada Gambar 10.15 dibuat oleh Spatz & Siegmund (1973) berdasarkan data releve *Arrhenatherum* Ellenberg (1956) dalam Tabel 9.7. Spatz & Siegmund menggunakan analisis gugus aglomerasi yang serupa dengan “metode kelompok-pasangan yang diberi bobot” (*weighted pair-group method*) seperti yang dipertelakan oleh Sokal & Michener (1958; Sokal & Sneath 1963) dan juga serupa dengan **metode pemilahan memusat** (*centroid sorting method*) yang diuraikan oleh Ducker, Williams & Lance (1965).

Langkah-langkah untuk membuat dendrogram (Gambar 10.15) adalah sebagai berikut:

1. Dibuat sebuah matriks yang membandingkan semua ( $n = 25$ ) releve satu terhadap yang lain dengan indeks kesamaan {yaitu  $[n(n-1)/2] = 300$  nilai  $IS$ }. Hasilnya dapat ditabulasikan seperti dalam Tabel 10.13. Pada tahap ini sebuah grafik ordinasi (seperti dibahas dalam bab sebelum ini) atau sebuah dendrogram dapat dibuat. Untuk dendrogram dalam Gambar 10.15, Spatz & Siegmund (1973) menggunakan indeks kesamaan Spatz, yang merupakan salah satu modifikasi koefisien Jaccard seperti diuraikan dalam Bab 10.15.
2. Dari matriks tersebut di atas, komputer memilah nilai  $IS$  tertinggi dan memisahkan pasangan-tegakan (*stand-pair*) yang membentuk nilai  $IS$  tertinggi tersebut. Dalam Gambar 10.15 pasangan-tegakan dengan nilai  $IS$  tertinggi adalah releve 1 dan 4. Informasi ini disimpan.
3. Kemudian kedua tegakan yang dipilih pertama tersebut digabungkan menjadi releve sintetik.

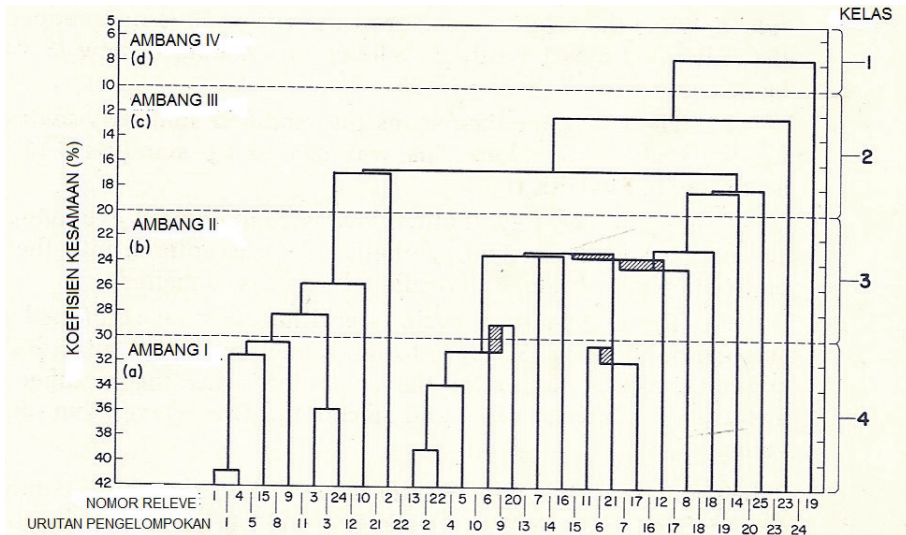


## Klasifikasi dan Ordinasasi Data Vegetasi

4. Releve sintetik atau releve rata-rata dikembalikan ke dalam matriks di tempat salah satu dari dua tegakan individual tersebut. Tempat yang dipilih adalah tempat releve dengan nomor lebih kecil (1), sedangkan posisi releve dengan nomor lebih besar (4) dihilangkan dari matriks.
5. Sekarang seri baru nilai-nilai *IS* dihitung untuk releve sintetik. Karena jumlah semula releve adalah 25, maka sekarang jumlahnya berkurang menjadi 24 (23 releve individual ditambah satu releve sintetik) dan jumlah nilai *IS* baru yang harus dihitung adalah  $n-1=24-1=23$ .
6. Kemudian komputer memeriksa lagi matriks indeks kesamaan yang telah dimodifikasi untuk mencari nilai *IS* tertinggi. Hasil yang diperoleh adalah pasangan-tegakan 13 dan 22 (Gambar 10.15.).
7. Selanjutnya releve sintetik baru dihitung dengan merata-ratakan tegakan 13 dan 22. Releve sintetik kedua tersebut dimasukkan ke dalam matriks dan mengambil tempat releve 13, sedangkan releve 22 dihilangkan dari matriks.
8. Siklus penghitungan (algoritme) dilanjutkan dengan pertama-tama menghitung nilai-nilai *IS* baru untuk semua tegakan yang tersisa dengan releve sintetik kedua. Selanjutnya komputer memeriksa dan memodifikasi lagi matriks untuk mencari nilai-nilai *IS* tertinggi dan memilih releve-releve yang membentuk nilai-nilai *IS* tertinggi tersebut.

Penelaahan dendrogram menunjukkan bahwa pada penghitungan putaran ketiga seleksi menghasilkan pilihan releve 3 dan 24. Pada putaran keempat untuk pertama kali menghasilkan nilai tertinggi *IS* terbentuk oleh sebuah releve individual dan releve sintetik. Releve sintetik terdiri atas releve 13 dan 22 dan releve individual yang menghasilkan *IS* tertinggi 34% dengan releve sintetik adalah releve 5.

Pada tahap ini releve sintetik baru terdiri atas tiga releve individual (13, 22, dan 5). Dalam proses perata-rataan ini sintetik releve (diambil nomor 13) mendapat pembobotan dua kali karena releve sintetik ini terdiri atas dua releve individual. Sekarang releve sintetik baru diciptakan dan terdiri atas tiga releve individual. Matriks *IS* kemudian dibuat lagi untuk semua kombinasi dengan tegakan-tegakan sisa. Menurut Gambar 10.15 siklus penghitungan kelima juga menggabungkan sebuah releve individual (15) dengan releve sintetik (1, yang mencakup 1 dan 4).



**Gambar 10.15** Dendrogram hasil analisis gugus vegetasi data dalam Tabel 9.2 (dari Spatz 1972). Dua gugus utama ditunjukkan dalam kelas 2 dekat nilai kesamaan 17-18%. Gugus pertama yang terdiri atas delapan releve (releve 1 sampai 2) bertepatan dengan unit vegetasi A pada Tabel 9.7. Gugus kedua (releve 13 sampai 25) mencakup dua unit B dan C. “Batang” dendrogram (garis penghubung vertikal) yang menggabungkan pertautan-silang (garis penghubung horizontal) dibuat berdasarkan releve-releve sintetis. Ini dihasilkan oleh perataan nilai kuantitatif jenis dalam releve-releve yang dihubungkan oleh pertautan-silang.

Penggabungan releve sintetis baru terjadi pada penghitungan siklus kesebelas ketika nilai *IS* tertinggi dibentuk oleh releve sintetis 1 (terdiri atas releve individual 1, 4, 15, dan 9) dan releve sintetis 3 (terdiri atas releve individual 3 dan 24).

Seperti terlihat dalam Gambar 10.15 penghitungan-penghitungan siklus menghasilkan urutan berperingkat nilai *IS* dari tinggi sampai rendah.

Urutan releve dari kiri ke kanan pada absis dihasilkan oleh pertautan dari “batang-batang” pasangan-releve pertama dalam dendrogram. Releve individual yang paling sama dengan releve sintetis (terdiri atas 1 dan 4) adalah tegakan 15. Oleh karena itu, releve 15 diposisikan pada absis sebagai releve ketiga sebelah 1 dan 4. Mengikuti 15 adalah 9, karena releve 9 paling sama dengan releve sintetis 1 (yang mencakup pertautan 1, 4, dan 15). Urutan releve yang terbentuk sepanjang absis adalah ordinasi linear, yang dapat mengalami distorsi, karena seperti kita lihat sebelumnya (Bab 10.7.2), bahkan pada sebuah ordinasi dua dimensi tidak mungkin menempatkan tegakan-tegakan tanpa distorsi nilai kesamaan sebenarnya. Meskipun demikian, urutan releve yang diperoleh adalah sebuah opsi kompromi seperti akan kita lihat dalam uraian berikut.

### 10.8.2 KLASIFIKASI GUGUS-GUGUS DENDROGRAM

Karena gugus-gugus releve yang dikelompokkan dalam dendrogram adalah hasil petautan pada berbagai taraf kesamaan, sebuah klasifikasi yang mempunyai arti ekologi tidak secara otomatis dapat ditunjukkan, tetapi dapat dibuat secara otomatis dengan penentuan nilai ambang secara manasuka, seperti telah dilakukan dalam program yang menghasilkan dendrogram pada Gambar 10.15. Nilai ambang ditentukan pada tingkat 30, 20, dan 10%. Nilai ambang tersebut ditunjukkan dengan garis-garis putus pada dendrogram. Dengan penerapan indeks kesamaan Spatz, kesamaan di atas 30% adalah tinggi sekali. Klasifikasi pada tingkat kesamaan ini menghasilkan terlalu banyak unit yang mempunyai nilai informasi terbatas yang dapat digeneralisasikan. Gugus-gugus, yang sangat mirip dengan unit-kelas A, B, dan C seperti dapat dikenali dalam tabel sintesis pembeda (Tabel 9.7) dan dalam grafik ordinasasi (misalnya Gambar 10.11), terdapat dalam kelas 2 (antara kesamaan 10 dan 20%) atau dalam kelas 3 (antara kesamaan 20 dan 30%).

Dalam kelas 2 terdapat dua gugus utama: satu gugus yang mempertautkan delapan releve pertama (1 sampai 2) pada tingkat kesamaan 17%, dan gugus kedua yang menggabungkan 15 releve berikutnya (13 sampai 25) pada sekitar kesamaan 18%. Dua releve sisa, yaitu releve 23 dan 19, mempunyai kesamaan yang sangat rendah terhadap releve lainnya, sehingga kedua releve tersebut tetap terisolasi. Menarik untuk dicatat di sini bahwa releve 19, yang dikeluarkan dari Tabel 9.7. karena sangat “tidak tipikal”, ternyata dalam analisis gugus pada dendrogram merupakan releve yang paling tidak sama dengan releve lain (nilai kesamaan kurang dari 8%).

Dalam kelas 3, terdapat juga dua gugus utama, yaitu satu yang mempertautkan releve 1 sampai 10 (7 tegakan) pada tingkat kesamaan 26% dan yang kedua adalah gugus yang menggabungkan releve 13 sampai 18 (13 tegakan) pada tingkat kesamaan 23%. Releve-releve yang tersisa (releve 2, 14, 25, 23, dan 19) tidak dapat diklasifikasikan karena kesamaannya yang sangat rendah terhadap yang lain.

Penggugusan dalam kelas 2 pada dendrogram cocok sekali dengan pengelompokan releve dalam Tabel 9.7 dan hasil teknik ordinasasi seperti ditunjukkan pada Gambar 10.9 dan 10.11. Seberapa jauh kecocokan gugus-gugus dalam dendrogram ini dengan kelompok releve dalam Tabel 9.7 ditunjukkan dalam tabel kontingensi berikut.

## Perlakuan Matematika Data Vegetasi

Tabel kontingensi berikut memperlihatkan bahwa gugus pertama dalam kelas 2 pada dendrogram cocok sekali dengan tipe vegetasi A dalam Tabel 9.7.

Unit-unit pada Tabel 9.7.

Gugus-gugus  
dendrogram kelas 2  
(pada Gambar 10.15)

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	$\Sigma$
1	8	0	0	8
2	0	0	9	<b>15</b>
3 <sup>a)</sup>	0	0	2	2
$\Sigma$	8	6	11	23

<sup>a)</sup> Releve 23 dan 29

Tabel kontingensi menunjukkan bahwa pada gugus pertama dalam kelas 2 pada dendrogram bertepatan sekali dengan tipe vegetasi A dalam Tabel 9.7. Gugus kedua pada dendrogram dipisahkan dalam Tabel 9.7 menjadi dua subunit B dan C. Pemisahan tersebut tidak tampak dengan jelas pada dendrogram. Ini berarti bahwa variasi floristik di antara releve di unit B dan C pada Tabel 9.7 adalah menerus. Hal yang sama ditunjukkan pula dalam grafik ordinasi (Gambar 10.10. dan 10.11).

Dapat disimpulkan bahwa ketiga teknik—metode tabulasi, ordinasi dan analisis gugus—pada hakikatnya memberikan hasil yang sama. Tetapi, dengan dua metode matematika, kita dapat membuat pernyataan tentang derajat variasi antara unit-unit, yang tidak mungkin hal demikian dapat kita kemukakan hanya dengan pemeriksaan tabel asosiasi (Tabel 9.7).



**BAGIAN IV**

**PENJELASAN RUANG DAN WAKTU  
TENTANG POLA VEGETASI**



# 11

## STUDI KORELASI VEGETASI-LINGKUNGAN

Dalam Bab 9 dan 10, kita telah membahas metode pengaturan data vegetasi. Tujuan khusus metode pengaturan ini adalah untuk membuat suatu kerangka pola vegetasi yang berarti, yang kemudian dapat dikaitkan dengan pola parameter lingkungan. Pendekatan yang dimulai dengan pola vegetasi dan kemudian pola tersebut dijelaskan dengan pola lingkungan merupakan tradisi dalam ilmu vegetasi.

Kita juga dapat menelaah vegetasi sebagai tanggapan terhadap variasi lingkungan. Jadi, pendekatan ini sebaliknya dari pendekatan tersebut di atas. Penelaahan dimulai dengan analisis pola lingkungan dan kemudian kita menganalisis tanggapan vegetasi terhadap pola lingkungan tersebut. Tujuan akhir dari kedua pendekatan tersebut adalah untuk menjelaskan sebab-sebab yang melandasi pola-pola vegetasi.

Pendekatan yang dimulai dengan lingkungan kemudian diikuti dengan vegetasi digunakan oleh Warming (1909) dan beberapa peneliti lain. (lihat Bab 2.3). Pendekatan ini telah menghasilkan konsep tentang ekologi tumbuhan seperti yang dipahami oleh semua negara berbahasa Inggris. Kita akan membahas prinsip-prinsip pendekatan ini dalam tiga uraian dengan judul: (a) konsep dan asal-muasal kelompok-kelompok **jenis ekologi** (*ecological species*), (b) **klasifikasi lahan berbasis ekologi** (*ecological land classification*), dan (c) **analisis landaian lingkungan** (*environmental gradient analysis*).

### 11.1 KELOMPOK JENIS-JENIS EKOLOGI

#### 11.1.1 KONSEP

Perlakuan cuplikan vegetasi dengan perbandingan tabel atau korelasi matematika secara independen berujung dengan kesimpulan bahwa tidak ada dua jenis



yang mempunyai amplitudo ekologi dan sosiologi yang persis sama. Tetapi, perlakuan tersebut juga menunjukkan bahwa beberapa jenis memiliki sebaran yang sangat serupa sehingga dapat digabungkan ke dalam berbagai kelompok. Pengelompokan ini adalah langkah pertama dan pasti menuju pengaturan yang rapi dari komunitas tumbuhan berdasarkan komposisi jenis.

Selain dengan perbandingan tabel dan perlakuan matematika, cuplikan vegetasi dapat juga dianalisis dengan metode ketiga untuk mengembangkan kelompok jenis, yaitu dengan penelaahan reaksi jenis terhadap lingkungan. Tetapi, metode ini memerlukan pengetahuan mendalam tentang karakteristik lingkungan semua jenis. Oleh karena itu, pendekatan ini tidak dapat diterapkan pada tahap pertama penelitian vegetasi suatu daerah. Tetapi, dengan pengetahuan ekologi yang makin berkembang, metode ini menjadi penting karena dapat membantu dalam pencarian sebab-sebab sebaran dan pola tumbuhan. Pendekatan ini dapat menyederhanakan definisi unit-unit vegetasi dan karenanya memfasilitasi penerapan praktis informasi vegetasi.

Seperti halnya unit-unit vegetasi yang dapat dibedakan dengan kelompok jenis-jenis pembeda dan jenis-jenis penciri atau jenis-jenis indikator, unit-unit vegetasi yang mencirikan pola lingkungan dapat dibedakan oleh kehadiran jenis-jenis yang disebut **kelompok-kelompok ekologi** (*ecological groups*). Semua jenis ini dapat digabungkan menjadi kelompok ekologi, yang menunjukkan **perilaku ekologi** (*ecological behavior*) yang sama. Ini berarti bahwa jenis-jenis yang membentuk sebuah kelompok ekologi harus menunjukkan hubungan yang sama terhadap **faktor-faktor tapak** (*site factors*) yang penting. Kelompok-kelompok tersebut diberi nama menurut sebuah jenis yang mewakili karakteristik kelompok paling baik.

Implikasi penting konsep ini adalah bahwa jenis-jenis dalam sebuah kelompok ekologi harus termasuk dalam bentuk hidup yang sama. Oleh karena itu, kelompok jenis-jenis tersebut mewakili juga sebuah sinusia. Tetapi, sebuah sinusia tidak selalu sama dengan kelompok ekologi. Sebuah sinusia dapat dikenal di lapangan tanpa penelaahan lebih lanjut. Kelompok-kelompok ekologi hanya dapat ditentukan setelah tanggapan jenis-jenis terhadap landaian lingkungan yang diketahui telah dimapankan.

Pada umumnya definisi sebuah kelompok jenis-jenis lebih sempit ketimbang sinusia. Sebuah sinusia dapat mencakup beberapa kelompok ekologi dan sejumlah besar jenis-jenis, yang menunjukkan korelasi berbeda terhadap faktor

lingkungan. Whittaker (1967) mendefinisikan “kelompok-kelompok ekologi” sebagai jenis-jenis dengan moda sebaran yang sangat serupa. Konsep ini sangat beda karena bentuk-hidup tidak dibatasi. Dalam pemahaman kita, kelompok-kelompok ekologi mengacu kepada jenis-jenis yang mempunyai bentuk-hidup yang sama.

Konsep kelompok ekologi diperkenalkan pertama kali oleh Warming, yang menyebutnya **serikat ekologi** (*ecological union*). Keller (1923) dan Allechin (1926) menggunakan istilah **asosiasi konsumen** (*consumer association; Genossenschaften*) dan Kleopow menamakannya **unsur ekologi** (*eco-element*) (istilah ini cocok untuk komunikasi internasional). Istilah kelompok ekologi untuk mencirikan unit-unit vegetasi digunakan secara sistematis oleh Schlenker (1950) untuk komunitas hutan dan oleh Ellenberg (1950) untuk komunitas gulma pertanian. Pendekatan tersebut pada dasarnya dapat diterapkan pada semua komunitas.

Metode ini didasarkan atas gagasan bahwa komunitas tumbuhan bukan sebuah organisme, yang hanya boleh diperlakukan secara menyeluruh, melainkan kombinasi berbagai jenis tumbuhan yang komposisinya bergantung kepada lingkungan setempat. Komunitas sebagian tersusun oleh jenis-jenis, yang dalam bentuk pertumbuhan dan persyaratan tempat tumbuhnya saling melengkapi dengan baik, misalnya pohon dan perdu, terna berakar dalam dan terna berakar dangkal, geofit musim semi dan tumbuhan perenial, dsb. Hampir semua tipe tumbuhan tersebut diwakili juga oleh beberapa jenis, dan jenis-jenis tersebut dapat memiliki bentuk hidup serta ekologi yang serupa. Jenis-jenis seperti itu membentuk kelompok-kelompok ekologi.

Sebelum melangkah kepada pertelaan metode untuk menentukan kelompok ekologi tersebut, terlebih dahulu perlu diberikan beberapa contoh untuk menjelaskan konsep yang kurang dikenal tersebut.

Sebuah contoh yang sangat bagus adalah kelompok *Corydalis* di hutan berkayu keras di Eropa Tengah (lihat Ellenberg 1939). Kelompok tersebut terdiri atas *Corydalis cava*, *C. solida*, *Alium ursinum*, *Gagea lutea*, *G. spathacea*, *Leucoium vernum*, *Anemone ranunculoides*, dan jenis-jenis serupa lainnya. Jenis-jenis tersebut adalah geofit musim semi. Jenis-jenis ini hanya tumbuh di bawah naungan **hutan berkayu keras** (*hardwood forest*), karena tidak dapat bersaing dengan tumbuhan **ara-ara** (*meadow*) yang teradaptasi tumbuh di antara rerumputan yang lebat. Geofit musim semi berakar relatif dalam dan menyenangi tanah dalam, gembur, segar, lembap, beraerasi baik, serta kaya akan hara dan basa. Oleh karena itu, jenis-

jenis tersebut menumbuhkan tanah-tanah hutan berkayu yang paling produktif, tetapi mereka tidak bergantung kepada jenis-jenis pohon tertentu atau terbatas hanya dalam satu asosiasi saja. Mereka terdapat, misalnya, dalam hutan *Fagus sylvatica* pada tanah berkapur dalam lingkungan iklim mikro yang lembap, pada lereng-lereng yang menghadap utara dan timur. Jenis-jenis ini juga mencirikan hutan-hutan berkayu keras campuran pada tanah lempung subur bertekstur halus dan pada lereng bawah. Selanjutnya, mereka juga melimpah dalam hutan *Quercus* (*oak*, pasang) atau *Ulmus* (*elm*) di **lahan bawah** (*bottom land*), yang tidak dapat ditumbuhkan oleh *Fagus sylvaticus* (*beech*) karena secara berkala tergenang air. Jenis-jenis dari kelompok *Corydalis* sensitif terhadap penggenangan dan tanah beraerasi buruk, tetapi akar-akarnya tidak menembus dalam seperti akar pohon *Fagus sylvaticus*. Jadi, jenis-jenis tersebut mampu mempertahankan diri pada posisi lebih tinggi pada tanah aluvium lahan bawah. Di sini jenis-jenis tersebut dapat dijadikan indikator yang jelas ketinggian aras air banjir.

Jadi, perilaku ekologi jenis-jenis kelompok *Corydalis* hampir sama. Beberapa faktor tapak penting kelompok ini mantap. Sebagai kelompok, anggota-anggota individu juga menunjukkan tanggap serupa terhadap suhu dengan menghindari iklim Mediteran, subalpin, dan alpin. Jenis-jenis ini secara ekologi tidak seluruhnya serupa, seperti tampak jelas dari sebaran geografi yang berbeda. Tetapi, dalam kisaran sebaran bersama, biasanya terdapat beberapa anggota kelompok *Corydalis* dalam habitat yang dipertelakan di atas.

Kelompok ekologi lain yang telah ditelaah secara mendalam adalah kelompok *Gnaphalium uliginosum* (terdapat dalam komunitas gulma di tegalan-tegalan dan kebun-kebun di Eropa). Dalam kelompok ini selain *Gnaphalium* terdapat pula *Sagina procumbens*, *S. apetala*, *Plantago intermedia*, dan juga *Polygonum hydropiper*. Untuk perkecambahan biji, jenis-jenis tersebut memerlukan kondisi basah. Sebagai tumbuhan berakar dangkal, jenis-jenis ini sensitif terhadap pengeringan tanah permukaan, tetapi mereka tidak toleran terhadap kondisi basah yang mengakibatkan kekurangan oksigen. Di lahan-lahan pertanian, mereka membentuk kelompok yang mantap sebagai indikator kelembapan tanah permukaan. Jenis-jenis ini tidak terpengaruh oleh perbedaan hara. Contohnya kelompok ekologi lainnya disajikan antara lain oleh Hauff, Schlenker & Krauss (1950), Schönhar (1954), dan Ellenberg (1950; 1952; 1953).

Beberapa kelompok ekologi ini identik dengan jenis-jenis penciri dan jenis-jenis pembeda yang ditentukan secara floristik. Misalnya, Tüxen (1937) telah

memanfaatkan anggota kelompok *Corydalis* sebagai jenis-jenis pembeda untuk *Querceto-Carpinetum corydaletosum* dan juga untuk *Fagetum allietosum ursinae*.

Kelompok *Arrhenatherum* yang meliputi *Arrhenatherum elatius*, *Crepis biennis*, *Tragopogon pratensis*, dan *Geranium pratense* merupakan contoh kelompok ekologi, yang anggota-anggotanya dapat digunakan sebagai jenis-jenis penciri sebuah aliansi. Oleh karena itu, kasus tersebut menunjukkan bahwa pengelompokan sistematik-floristik adalah identik dengan pengelompokan ekologi. Kejadian yang kebetulan tersebut tampak terjadi ketika jenis-jenis penciri mempunyai kapasitas bersaing dan mereka mempunyai reaksi yang sama terhadap faktor tapak yang menguasai.

Contoh sebaliknya ditunjukkan oleh jenis-jenis penciri *Querceto-Carpinetum* dari Jerman Barat Laut (Tüxen 1937). Kelompok jenis-jenis ini bukan kelompok ekologi karena terdiri atas berbagai bentuk hidup, yaitu pohon (*Carpinus*), perdu (*Evonymus europeae*), terna dan lumut (*Catharinaea undulata*).

Contoh-contoh tersebut dapat menerangkan konsep kelompok ekologi. Kelompok ekologi jenis-jenis dapat dikatakan sebagai komponen dalam komunitas di atas taraf jenis-jenis. Kelompok ini memiliki peran penting dalam struktur halus sebuah komunitas tumbuhan. Seperti akan kita lihat, pengenalan kelompok jenis-jenis tidak terkait dengan metode penentuan releve dan juga terlepas dari penentuan unit-unit vegetasi menurut pendekatan floristik. Dengan pengetahuan ekologi yang makin meningkat, interpretasi kelompok ekologi perlu dievaluasi lebih lanjut.

### 11.1.2 PEMBENTUKAN KELOMPOK EKOLOGI

Bagaimana kita dapat mengenal kelompok ekologi? Karena tidak ada jenis-jenis secara menyeluruh mempunyai karakter ekologi yang sama, maka penentuan kelompok jenis-jenis dilaksanakan dengan proses abstraksi. Faktor-faktor tapak mana yang harus dipilih dan mana yang tidak perlu diperhatikan ditentukan menurut pertimbangan subjektif dan bergantung kepada tujuan studi. Pemilihan faktor lingkungan tidak menghalangi penentuan kelompok ekologi untuk dilaksanakan dengan agak objektif, karena penilaian kelompok ini dapat diperiksa dengan pengukuran.

Kelompok ekologi dapat dibuat dengan tiga cara utama: (1) penelaahan lapangan yang difokuskan kepada pencarian kelompok jenis-jenis yang mempunyai karakter ekologi yang sama; (2) penelaahan perilaku ekologi berbagai

jenis secara individual dalam kaitan dengan faktor tapak tunggal hingga karakter ekologi jenis-jenis tersebut dapat dinyatakan dengan angka dan selanjutnya dikelompokkan menjadi kelompok ekologi; dan (3) metode perbandingan tabel atau penghitungan korelasi matematika untuk kelompok jenis-jenis dengan memeriksa jenis-jenis pembeda atau jenis-jenis penciri mana (atau jenis-jenis mana yang mempunyai koefisien korelasi tinggi) yang mungkin dapat dijadikan kelompok ekologi. Pendekatan terakhir ini memanfaatkan pengalaman yang telah terhimpun dalam sains vegetasi. Oleh karena itu, metode ketiga cocok sekali untuk mempertautkan pendekatan ekologi vegetasi melalui pola floristik dan pola lingkungan.

Pendekatan pertama memperoleh hasil cepat, tetapi hasilnya adalah yang paling tidak tepat. Schlenker dan mitra kerjanya menggunakan pendekatan ini karena tujuannya adalah untuk secepatnya membuat peta hutan yang menyediakan informasi habitat untuk keperluan kehutanan tanpa membuat banyak cuplikan vegetasi. Kelompok-kelompok ekologi yang dikembangkan sementara kemudian ditelaah lebih lanjut secara rinci dan bila perlu didefinisikan ulang berdasarkan pengukuran pH dan faktor tanah lain (Schönhar 1954). Tetapi, kelompok-kelompok tersebut belum dapat dianggap final karena beberapa di antaranya mencakup jenis dalam jumlah besar yang terdiri atas berbagai bentuk hidup.

Ellenberg (1950; 1952) menggunakan metode kedua dalam studi komunitas gulma pertanian. Ia mulai dengan merekam respons banyak jenis terhadap landaian faktor lingkungan tunggal yang dipilih (misalnya berbagai derajat keasaman tanah). Ia kemudian mengklasifikasikan semua jenis yang ditelaah ke dalam enam kelompok yang terkait dengan pH. Untuk maksud tersebut, ia menggunakan data pH hasil pengukuran sendiri dan dilengkapi dengan data pH dari pustaka. Enam kelompok tersebut didefinisikan sebagai berikut:

1. Jenis-jenis yang tumbuh di tempat dengan kondisi lingkungan yang tidak baik, yaitu di ujung terbawah dalam landaian lingkungan (misalnya, tumbuhan yang hidup terbatas pada kondisi yang sangat masam = pH rendah).
2. Jenis-jenis dengan sebaran sama, tetapi mempunyai amplitudo besar (misalnya, tumbuhan yang umumnya berkorelasi dengan kondisi masam).
3. Jenis-jenis yang umum terdapat pada kisaran medium landaian) misalnya tumbuhan berkorelasi dengan kondisi masam moderat).
4. Jenis-jenis dengan respons seperti kelompok 5, tetapi memiliki amplitudo lebih besar (misalnya tumbuhan yang umumnya berkorelasi dengan kondisi berkapur).

5. Jenis-jenis yang khusus terdapat pada ujung atas landaian, yaitu dalam kondisi yang sangat baik dan luar biasa baik (misalnya pH tinggi atau kondisi basa).
6. Jenis-jenis yang tidak responsif atau tidak acuh (*indifferent*) terhadap landaian yang ditelaah, yaitu jenis yang mempunyai amplitudo sangat besar.

Cara yang baik untuk penyajian kelompok jenis seperti itu adalah dalam sebuah “tabel seri ekologi”. Ini adalah **tabel dua-arah** (*two-way table*), yang menunjukkan amplitudo jenis dan kuantitas dalam kaitan dengan landaian lingkungan yang ditelaah. Untuk maksud ini pertama-tama cuplikan vegetasi dipindahkan ke dalam tabel kasar. Tetapi, cuplikan ini langsung diordinasikan dalam kaitan dengan peningkatan atau penurunan intensitas faktor lingkungan yang ditelaah, misalnya landaian kemasaman tanah. Jika landaian ini mempunyai amplitudo besar, jenis-jenis yang tumbuh terbatas pada kisaran pH tertentu akan dapat dikenal. Semua jenis kemudian diatur-ulang menurut amplitudonya dalam sebuah tabel seri ekologi. Hanya **jenis sangat langka** atau **jenis tersasul** (*accidental species*) tidak dapat dievaluasi dengan tepat. Pada ekstrem yang lain, jenis-jenis dengan konstansi tinggi harus dianggap jenis-jenis yang tidak responsif terhadap faktor yang ditelaah.

Olsen (1923) menerbitkan tabel-tabel seri ekologi pertama, dan dalam tabel tersebut jenis-jenis diberi peringkat menurut pH tanah. Tabel 11.1 menunjukkan jenis-jenis dari contoh Ellenberg (1950) untuk menjelaskan proses kerja. Kolom-kolom vertikal adalah releve-releve komunitas gulma pertanian yang terdapat di sekitar Stuttgart. Nilai pH tanah diperiksa beberapa kali selama tahun 1948. Dengan mengabaikan ketidakteraturan, jenis-jenis gulma dapat dibagi menjadi lima **kelompok reaksi** (*reaction group*) seperti dipilah dalam Tabel 11.1.

Urutan seperti itu pada mulanya hanya berlaku untuk tempat yang ditelaah, yaitu untuk sebuah daerah geografi sempit dan terbatas. Tetapi, jika tabel seri dibuat juga untuk daerah lain, dapat ditunjukkan bahwa jenis-jenis bereaksi sama. Jenis-jenis tertentu mungkin menyimpang jauh dari pola yang ditunjukkan di sini. Kasus seperti itu ditunjukkan oleh *Convallaria majalis* di hutan berkayu keras di Eropa Tengah (tidak ada dalam Tabel 11.1). Jenis ini ditemukan di daerah geografi tertentu, umumnya pada tanah masam, sedangkan di daerah lain jenis ini tumbuh terbatas pada tanah berkapur. Pada kenyataannya jenis ini secara relatif tidak acuh dan bereaksi lebih kuat terhadap faktor-faktor tapak lain, seperti cahaya, air tanah, dan kondisi udara dalam tanah.

**Tabel 11.1** Ekstrak dari tabel serie komunitas gulma yang disusun menurut urutan nilai pH tanah yang meningkat (dari Ellenberg 1950, 37). Angka-angka yang mengikuti jenis selalu mengacu kepada nilai penutup tertinggi (skala Braun-Blanquet) yang dicatat pada tahun 1948.

Nomor urut	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
pH pada tahun 1948	4,5	4,6	4,6	4,8	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	5,8	6,1	6,3	6,4	6,4	6,5	6,5	6,7	6,9	7,0	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,3	7,3	
<b>R 1</b>																											
<i>Rumex acetosella</i>	1	1																									
<i>Scleranthus annuus</i>	1	2	+		1	2																					
<i>Spergula arvensis</i>	2	+			1	2																					
<b>R 2</b>																											
<i>Alchemilla arvensis</i>	2	+						+																			
<i>Raphanus raph.</i>	2	2			2	2	2	1	2	1	3	+	2														
<b>R 3</b>																											
<i>Matricaria cham.</i>					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1									
<i>Apera spica venti</i>	1	2	2	2	2	+	2	+	1		+	3	+		+	+	+	1									
<i>Poa annua</i>	1	1	+	+	3	2	2	1	1	2	1	1	+	1	1	+	1	1	+								
<b>R 4</b>																											
<i>Sinapis arvensis</i>					1	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	3	1	2	1
<i>Papaver rhoeas</i>									+		+	+	+	3	+	2	+	1	+	+							
<i>Fumaria officinalis</i>									1		1	1	2														
<i>Sonchus oleraceus</i>											+				1	+	+										
<b>R 5</b>																											
<i>Caulis lappula</i>																											
<i>Delphinium cons.</i>																											
<i>Galium tricornis</i>																											
<i>Anagallis coerulea</i>																											

Jika penelaahan diperluas ke kawasan geografi yang lebih besar (seperti seluruh Eropa), banyak jenis, yang secara setempat menunjukkan tanggap yang pasti terhadap kisaran pH yang sempit, akan diklasifikasikan sebagai jenis tidak acuh. Untuk itu, disarankan mengkhhususkan penelitian di kawasan geografi terbatas (misalnya kawasan sebesar Jerman Selatan atau daerah pamah Jerman Barat Laut). Kemudian, pemisahan jenis menjadi **ras** (*race*) atau **ekotipe** (*ecotype*)—yang sering sukar dibedakan secara morfologi—tidak merupakan masalah besar.

**Tabel seri** (*series table*) serupa dapat dibuat untuk landaian lingkungan lain, seperti kelembapan tanah, nitrogen tanah, suhu, dsb, dan kita dapat menggabungkan jenis yang memiliki tanggap serupa menjadi kelompok. Akan tetapi, sebagian besar faktor tapak lebih sukar diukur ketimbang pH tanah dan bahkan faktor-faktor tertentu tak dapat diukur sama sekali. Dalam hal seperti itu, kita harus puas dengan perbedaan relatif. Misalnya, untuk membuat enam kelompok dalam kaitan dengan kelembapan tanah, releve dapat diletakkan sepanjang sebuah transek sedemikian rupa sehingga releve-releve mewakili seri ekologi kedalaman **permukaan air-tanah** (*water table*) yang menurun. Untuk membuat kelompok jenis-jenis ekologi di padang rumput atau kelompok ekologi gulma di lahan pertanian, dapat digunakan eksperimen pemupukan yang terkait dengan padang rumput yang dipupuk secara berbeda atau kebun tanaman budi daya yang tumbuh berdampingan pada tanah yang sama.

Setelah jenis-jenis dalam jumlah banyak sekali diteliti dan diatur dalam kaitan dengan faktor tapak yang paling penting, pembuatan kelompok jenis-jenis ekologi dapat dilanjutkan. Pembagian yang selalu menjadi enam kategori memungkinkan pembuatan skema dan singkatan yang mudah dipahami tentang perilaku ekologi jenis. Ellenberg (1950) menerapkannya untuk pertama kali terhadap gulma pertanian yang menghasilkan 25 kelompok ekologi (Tabel 11.2. menyajikan dua contoh kelompok-kelompok tersebut).

Dalam pengamatan sepintas Tabel 11.2 menunjukkan hubungan ekologi yang dianggap penting untuk jenis-jenis yang digabungkan dalam kelompok dan jenis-jenis yang dianggap kurang penting.

Dalam pembuatan kelompok-kelompok ekologi, sangat penting untuk mengamati perilaku ekologi jenis yang sama secara terpisah untuk ara-ara, lahan pertanian, lahan kerangas, hutan, dan komunitas lain. Ini diperlukan karena jenis yang sama dapat tumbuh di beberapa komunitas. Dalam hal tersebut, mereka tumbuh bersama dengan pesaing yang berbeda sekali, dan persaingan mempunyai pengaruh besar terhadap perilaku ekologi tumbuhan.



## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

**Tabel 11.2** Contoh dua kelompok ekologi dan tanggap terhadap empat faktor tapak. Kelompok-kelompok tersebut dibuat melalui tanggap setiap jenis terhadap masing-masing faktor tapak. Faktor-faktor yang menguasai ditegaskan dengan bingkai. Nomor dan nama kelompok sesuai dengan ringkasan pada Tabel 11.3

	BENTUK HIDUP	T	HUBUNGAN DENGAN FAKTOR TAPAK*		
			W	R	N
<b>2. Kelompok <i>Coringia</i></b>					
<i>Coringia orientalis</i>	T	5	1	5	1-2
<i>Caucalis latifolia</i>	T	5	1-2	5	2 ?
<i>Galeopsis angustifolia</i>	T	3	1	5	2 ?
<i>Ajuga chamaeypytis</i>	T	5	1	5	2
<i>Bunias orientalis?</i>	G	3	1 ?	5	1-2
<b>13. Kelompok <i>Ranunculus repens</i></b>					
<i>Ranunculus repens</i>	H	1	5	0	0
<i>Agrostis prorepens</i>	Ch-H	1	5	0	3 ?
<i>Potentilla anserina</i>	H	1	5	4	4
<i>Poa trivialis</i>	H	0	5	0-3	4
<i>Mentha arvensis</i>	G-H	3	5	0-3	4-3
<i>Stachys palustris</i>	G-H	2	5	4	4
<i>Equisetum silvaticum?</i>	G	1	5	0	2 ?

\*T = Temperatur; W = air tanah; R = reaksi tanah; N = Nitrogen. Angka-angka terkait dengan enam kategori yang dijelaskan pada Bab 11.12 (W1 berarti terdapat pada tanah lepas permeabel yang seringkali kering; W5 berarti terdapat pada tanah yang lembab, sering tergenang air dengan aerasi yang selektif)

Kita telah memertelakan prosedur pembuatan kelompok ekologi dengan rinci. Salah satu tujuannya untuk menunjukkan dalam situasi bagaimana metode memerlukan keputusan subjektif dan dalam hal bagaimana prosedur itu objektif. Pemilihan lokasi cuplikan memerlukan pengalaman. Sebenarnya sebagian besar prosedur tersebut objektif. Ini berlaku juga bagi perlakuan data dengan tabel. Langkah akhir, yaitu penggabungan beberapa jenis ke dalam kelompok dengan abstraksi dilakukan berdasarkan pertimbangan pribadi.

### 11.1.3 KOMUNITAS TUMBUHAN SEBAGAI KOMBINASI KELOMPOK EKOLOGI

Dalam semua komunitas berlapis banyak selalu terdapat beberapa kelompok ekologi yang berpartisipasi dalam struktur komunitas seperti itu. Dalam komunitas berlapis tunggal pun dapat ditemukan beberapa kelompok jenis yang saling melengkapi dalam adaptasi ekologinya asalkan habitatnya tidak terlalu ekstrem, seperti komunitas *Salicornia* pada hamparan pantai lumpur (*Salicornietum strictae*).

## Studi Korelasi Vegetasi-Lingkungan

Kombinasi kelompok-kelompok ekologi dapat dijadikan cara sederhana untuk mencirikan komunitas. Tabel 11.3 adalah contoh untuk komunitas gulma pertanian. Besarnya nilai relatif setiap kelompok dalam sebuah komunitas tertentu ditunjukkan dalam tabel dengan lambang.

Sebuah keuntungan khusus memertelakan komunitas dengan kombinasi kelompok ekologi setiap komunitas dapat dinilai segera melalui hubungan floristik dan lingkungan kelompok-kelompok ekologinya, tanpa pengaturan floristik terlebih dahulu. Kelompok-kelompok tersebut menyajikan sebuah gambaran kombinasi faktor-faktor penting pada masing-masing habitatnya. Nama-nama kelompok dan implikasi ekologinya akan segera mudah dikenal dengan sering menggunakannya.

Seperti halnya unit-unit vegetasi yang tidak diberi peringkat dapat diberi nama menurut kelompok jenis pembeda, unit-unit vegetasi tersebut dapat pula diberi nama berdasarkan kelompok-kelompok jenis ekologi. Dengan cara ini nomenklatur yang mudah disesuaikan tetapi tepat dapat dikembangkan untuk unit-unit vegetasi yang tidak diberi peringkat. Aturan yang berlaku di sini hanya penekanan kelompok ekologi dalam komunitas dengan menaruh di belakang nama komunitas, misalnya:

**Komunitas** *Tussilago farfara-Sinapis arvensis*  
(atau disingkat: **padang** *Tussilago-Sinapis*)

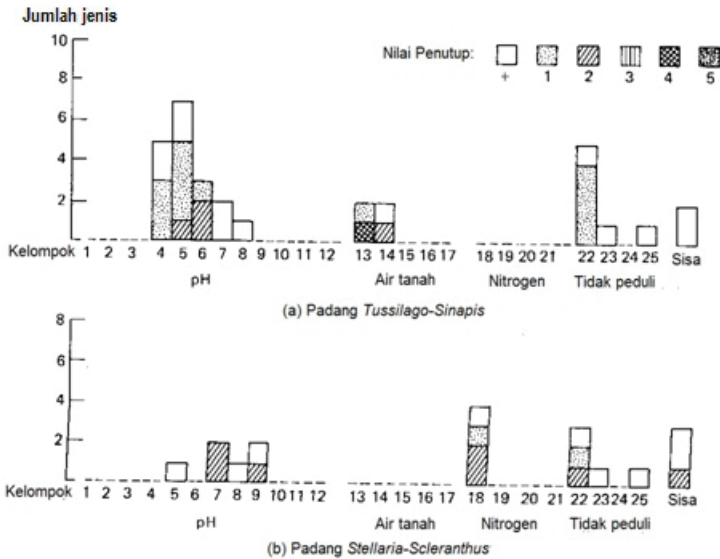
**Komunitas** *Ranunculus repens-Gnaphalium uliginosum-Sinapis arvensis*  
(atau disingkat: **padang** *Ranunculus-Gnaphalium-Sinapis*)

**Komunitas** *Corydalis cava-Fagus sylvaticus*  
(atau disingkat: **hutan** *Corydalis-Fagus*)

Komunitas seperti itu secara floristik, ekologi, dan struktur adalah unit-unit vegetasi yang mantap. Oleh karena itu, unit-unit vegetasi tersebut sesuai dengan konsep asosiasi yang diusulkan kepada Kongres Internasional Ketiga (*Third International Congress*) di Brussels. Unit-unit vegetasi yang dibangun dengan kelompok-kelompok ekologi tidak bergantung kepada penentuan unit-unit hierarki, tetapi tidak sukar untuk mengaitkannya dengan unit hierarki Braun-Blanquet.

### 11.1.4 SPEKTRUM KELOMPOK EKOLOGI

Sumbangan kelompok ekologi kepada struktur sebuah komunitas tumbuhan dapat ditunjukkan secara grafis dalam bentuk **spektrum kelompok ekologi** (*ecological group spectra*). Di dalam komunitas gulma pertanian, penyajian tersebut cukup memuaskan untuk menggambarkan jumlah jenis dalam setiap kelompok, seperti ditunjukkan dalam Gambar 11.1.



**Gambar 11.1** Spektrum kelompok ekologi dalam dua komunitas gulma. Nomor-nomor kelompok dijelaskan dalam Tabel 11.4.

Sistem penomoran dan pembagian kelompok mengikuti penyajian kelompok ekologi secara rinci yang dikemukakan Ellenberg (1950). Di sini hanya akan disajikan sebuah ringkasan dengan karakterisasi ekologi singkat kelompok (Tabel 11.4.). Releve yang digunakan untuk penghitungan dua jenis dalam Gambar 11.1 terdapat juga dalam Ellenberg (1950, 121–122).

Spektrum mengindikasikan masing-masing konstelasi faktor tapak. Jenis-jenis dari kelompok *Tussilago* dan *Ranunculus* mendominasi releve A. Jenis-jenis tersebut menunjukkan kelembapan dalam **tanah bawahan** (*subsoil*). Selain itu kelompok *Delphinium* dan *Sinapis arvensis* mengindikasikan tanah liat. Jenis-jenis tersebut mempunyai kapasitas kompetitif tinggi pada reaksi tanah agak masam sampai basa. Jenis-jenis yang memerlukan nitrogen tinggi hanya terwakili sedikit. Releve B menunjukkan spektrum yang berbeda sekali dan di sini jenis-jenis yang toleran terhadap kondisi masin dan yang menyenangi nitrogen mendominasi.

## Studi Korelasi Vegetasi-Lingkungan

Seperti dapat dilihat dari spektrum dalam Gambar 11.1 sebagian besar jenis gulma di Jerman Barat Daya dapat diklasifikasikan ke dalam salah satu dari 25 kelompok ekologi yang berbeda. Oleh karena itu, hampir seluruh daftar jenis dalam sebuah komunitas tumbuhan dapat dievaluasi dengan bantuan kelompok ekologi. Sebaliknya, jenis penciri dan jenis pembeda biasanya hanya meliputi sebagian dari seluruh jenis yang direkam dalam komunitas.

**Tabel 11.3** Contoh kombinasi “kelompok ekologi” seperti yang terdapat dalam beberapa komunitas gulma di lahan pertanian di pamah Württemberg. Unit-unit vegetasi disusun menurut peringkat berdasarkan kesamaan. Urutan kesamaan ditunjukkan dengan huruf kapital (A-C), nomor (1-3), dan huruf kecil (a-d). Kelompok jenis yang secara ekologi tidak peduli dan jenis yang tidak terdapat di daerah tersebut tidak ditunjukkan dalam tabel. Untuk penyederhanaan bentuk-bentuk sementara antara unit-unit tidak diwakili di sini.

KELOMPOK EKOLOGI (lihat TABEL 11.4)	A				B				C							
	1		2		3				1		2		1			
	a	b	a	b	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
Indikator gamping:																
1. Kelompok <i>Blupearum</i>	■	■	□	□												
2. Kelompok <i>Conringia</i>	X	X	■	■	□											
3. Kelompok <i>Falcaria</i>	X	V	X	V	X	V	□									
4. Kelompok <i>Delphinium</i>	V	V	X	X	■	■	■	■								
4a. Kelompok <i>Scherardia</i>	V	V	X	X	X	X	X	X	V	V	V	V	□	□	□	□
Toleran terhadap gamping:																
5. Kelompok <i>Sinapsis</i>	X	V	X	X	X	X	X	X	■	■	■	■	V	V	V	V
6. Kelompok <i>Sonchus arvensis</i>	■	□	■	□	■	X	X		X	X	X	X	□	□	V	V
Toleran terhadap tanah masam:																
7. Kelompok <i>Matricaria cham.</i>									□	□	□	□				
8. Kelompok <i>Raphanus</i>													■	■	■	■
Indikator tanah masam:																
9. Kelompok <i>Scleranthus</i>																
Toleran terhadap air tergenang																
13. Kelompok <i>Ranunc. repens</i>	□		□		□	■	■		□	■	■		□	■	■	
14. Kelompok <i>Tussilago</i>			□		□	□			V	V			V	V		
Terkait kelembaban tanah permukaan:																
15. Kelompok <i>Gnaphalium</i>							■		■	■		■	■		■	■
16. Kelompok <i>Juncus bufonius</i>													V	V		V
17. Kelompok <i>Riccia</i>													V	V		□
Indikator nitrogen:																
18. Kelompok <i>Stellaria media</i>	□	□	□		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	□
19. Kelompok <i>Panicum</i>					□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
20. Kelompok <i>Euph. peplus</i>					□	□			V	V	V	V	□	□	□	□

■ = kelompok dominan; X = kelompok yang sering terwakili; V = kelompok yang jarang terwakili;  
□ = kelompok yang terwakili hanya dalam beberapa komunitas

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

**Tabel 11.4** Ringkasan kelompok ekologi gulma pertanian di Jerman Barat Daya (Ellenberg 1950)

---

**I. FAKTOR YANG Menguasai: REAKSI TANAH.**

(A) **INDIKATOR GAMPING (R\*5)**

- Toleran terhadap kekeringan (W\*1)
  - teradaptasi terhadap taraf nitrogen rendah (N\*1) .....1. Kel. (*ompok*)  
*Bupleurum*
  - memerlukan nitrogen dalam jumlah sedang (N2) .....2. Kel. *Coringia*
  - perakaran dalam .....3. Kel. *Falcaria*
- Menyukai kondisi segar (W2) .....4. Kel. *Delphinium*
- Tumbuhan dengan kecenderungan ke kelompok 5 (R4-5) .....4a. Kel. *Sherardia*

(b) **Menyukai gamping (R4)**

- Menyukai kondisi segar (W2-3) .....5. Kel. *Sinapis*
- Toleran terhadap kondisi basah (W4) .....6. Kel. *Sonchus arvensis*

(c) **Menyukai kondisi masam (R3 dan R2)**

- Toleran terhadap kondisi basah (W4) .....7. Kel. *Matricaria chamomilla*
- Tidak responsif terhadap kelembapan (Wo-2) .....8. Kel. *Raphanus*

(d) **Indikator masam (pH rendah) (R1)**

- Tidak responsif terhadap kelembapan (Wo-3) .....9. Kel. *Scleranthus*
- Toleran terhadap kekeringan (W1-2) ..... 10. Kel. *Ornithopus*
- Menyukai kondisi segar (W2-3; *atlantic-subatlantic*)
  - Memerlukan sedikit nitrogen (N1-2) ..... 11. Kel. *Arnoseria*
  - Memerlukan banyak nitrogen (N3-4) ..... 12. Kel. *Galeopsis segetum*

**II. FAKTOR YANG Menguasai: AIR**

(e) **Toleran terhadap air tergenang (W5)**

- Perakaran dangkal ..... 13. Kel. *Ranunculus repens*
- Perakaran dalam ..... 14. Kel. *Tussilago*

(f) **Menyukai kelembapan tanah permukaan (W5s)**

- Tidak responsif (R0) ..... 15. Kel. *Gnaphalium*
- Toleran terhadap kondisi masam (R2) ..... 16. Kel. *Juncus bifonius*
- Lumut hati ..... 17. Kel. *Riccia*

**III. FAKTOR YANG Menguasai: TINGKAT NITROGEN TINGGI**

(g) **Indikator nitrogen (N4-5)**

- Tidak responsif terhadap pH (R0)
  - Toleran terhadap suhu sejuk (T<sup>0</sup>-2) ..... 18. Kel. *Stellaria media*
  - Menyukai suhu hangat (T3-4) ..... 19. Kel. *Panicum crus-galli*
- Menyukai gamping (R4-5)
  - Toleran terhadap suhu sejuk (T1-3) ..... 20. Kel. *Euphorbia pepus*
  - Menyukai suhu hangat (T4-5) ..... 21. Kel. *Mercurialis*

**IV. JENIS TIDAK RESPONSIF**

(h) **Tumbuhan setahunan (*annual*) tidak responsif** ..... 22. Kel. *Myosotis arvensis*

(i) **Tumbuhan bertahunan (*perennial*) tidak responsif** ..... 23. Kel. *Taraxacum*

**V. KELOMPOK KHUSUS**

(j) **Gulma-biji** ..... 24. Kel. *Agrostemma*

(k) **Tanda-tanda pemampatan (terinjak-injak)** ..... 25. Kel. *Plantago major*

---

\*N = Kelompok nitrogen, R = Kelompok reaksi, T = Kelompok suhu, W = Kelompok air

## 11.2 KLASIFIKASI LAHAN BERLANDASKAN EKOLOGI

### 11.2.1 FAKTOR LINGKUNGAN DAN TUJUAN TATA GUNA LAHAN

Faktor-faktor lingkungan yang ditelaah dalam contoh terdahulu tentang pembentukan kelompok ekologi adalah reaksi tanah, nitrogen tanah, air tanah permukaan, dan suhu tanah permukaan. Tumbuhan yang digunakan sebagai indikator faktor-faktor tersebut adalah gulma pertanian. Sebagian besar adalah tumbuhan setahunan (*annual*), beberapa dwi-tahunan (*biennial*), geofit, dan hemikriptofit. Semuanya mempunyai sistem perakaran yang terbatas pada tanah permukaan atau kedalaman zona pengolahan. Untuk keperluan praktis faktor-faktor lingkungan tersebut merupakan faktor penting dalam pertanian. Pemanfaatan untuk maksud pertanian tersebut, misalnya adalah:

- Pemilihan tanaman budi daya (pH, air permukaan, aerasi tanah).
- Produktivitas tanaman budi daya (air tanah, nitrogen tanah).
- Perkecambah atau **sintasan** (*survival*) (suhu permukaan, air permukaan).
- Praktik dan waktu pembajakan (pengolahan) dan perlakuan mekanis lain (air permukaan).

Empat faktor lingkungan tersebut penting dalam proporsi yang berbeda untuk semua aspek pemanfaatan.

Prinsip yang sama untuk mengisolasi faktor-faktor lingkungan dasar melalui penelaahan indikator dapat diterapkan dalam kehutanan. Sebuah klasifikasi tipe-tipe habitat di Manitoba tenggara (Mueller-Dombois 1964) dibuat menurut landasan tersebut. Studi tersebut dilaksanakan khusus untuk penerapan praktis dalam penelitian dan pengelolaan hutan. Pedoman utama untuk maksud pemanfaatan dalam penentuan perbedaan habitat dasar adalah:

- Kapasitas produksi untuk pohon.
- Permudaan alam.
- Pemilihan pohon untuk penanaman.
- Aspek-aspek perbaikan, seperti perlunya pemupukan untuk produksi biji.
- Sifat-sifat mekanis lahan (misalnya, kecocokan penggalian lubang-lubang air untuk perlindungan hutan dari kebakaran dan pengelolaan **hidupan liar** (*wildlife*), kemungkinan untuk menemukan endapan kerikil bagi konstruksi jalan).

Segi-segi manfaat ini diterjemahkan ke dalam faktor-faktor lingkungan dasar yang memengaruhi pertumbuhan pohon dan komposisi jenis pohon di kawasan yang diteliti. Oleh karena itu, studi tersebut didekati dalam urutan berikut:

1. Pengukuran pohon-pohon dilakukan untuk membuat hubungan tinggi/umur dalam bentuk **indeks tapak** (*site indices*). Penentuan indeks tapak mencakup **teknik pengukuran kayu** (*mensurational technique*) baku. Tinggi pohon-pohon dominan yang dipilih dalam tegakan hutan dikaitkan dengan umur acuan (biasanya 50 tahun), yang berdasarkan kurva tinggi/umur untuk setiap jenis pohon yang telah dibuat sebelumnya).
2. Faktor-faktor diteliti dan kemudian diidentifikasi yang diperkirakan merupakan penyebab perbedaan indeks tapak, khususnya faktor kelembapan dan hara tanah. Faktor posisi topografi atau fisiografi setiap tegakan ditelaah juga.
3. Tanggap terhadap faktor-faktor tersebut, selain hubungan tinggi pohon dan umur, juga diteliti dan diidentifikasi. Ini termasuk sebaran tumbuhan bawah, serta sebaran, kelimpahan, karakteristik profil tanah dan iklim tegakan.

Pendekatan melalui pengamatan pohon dan tujuan manfaat praktis sampai identifikasi faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan dan indikatornya berujung dengan pembentukan seri ekologi yang digeneralisasikan untuk habitat hutan.

### 11.2.2 PEMBUATAN SERI EKOLOGI

Sebuah **seri ekologi** (*ecological series*) dapat didefinisikan sebagai sebuah kelompok yang terdiri atas dua atau lebih habitat sepanjang sebuah transek dan habitat-habitat tersebut satu sama lain berbeda satu tahap intensitas sebuah faktor utama yang menguasai. Konsep ini serupa dengan konsep katena dalam ilmu tanah. Katena adalah tanah yang terdiri atas bahan induk yang sama pada suatu transek tetapi berbeda kondisi airnya. Konsep ini juga serupa dengan konsep landaian lingkungan, tetapi konsep landaian lingkungan tidak memerlukan pengenalan habitat atau komunitas. Konsep seri ekologi diperkenalkan oleh ilmuwan Rusia, misalnya Sukachev (1928). Ia menggunakan seri ekologi tersebut untuk sederetan komunitas sepanjang sebuah transek, tetapi ia mengimplikasikan juga dalam pengertian suksesi, yang tidak diartikan demikian dalam konsep seri ekologi yang didefinisikan di atas. **Seri topografi** (*topographic series*) berbagai komunitas yang berbeda karena rembesan air dipakai oleh Krajina (1969) di British Columbia. Ini merupakan tipe khusus seri ekologi.

Seri ekologi yang digeneralisasikan diartikan sama dengan seri ekologi abstrak, sebagai hasil pengelompokan cuplikan-cuplikan habitat atau komunitas yang diambil dari sepanjang transek lingkungan khusus.

Peninjauan kawasan sekitar 3.000 mil persegi (sekitar 7.800 kilometer persegi) di Manitoba tenggara dilakukan dengan menggunakan foto udara. Kunjungan lapangan pertama-tama diarahkan ke daerah yang tampak tidak biasa atau ekstrem pada foto udara, kemudian ke daerah-daerah yang menunjukkan pola-pola umum. Dengan cara ini kawasan tersebut dijelajahi dari satu habitat ekstrem ke yang lain dengan transek yang melewati segmen-segmen yang optimal kawasan berhutan.

Ternyata bahwa satu tapak berhutan yang ekstrem adalah bukit-bukit pasir (*dunes*). Bukit-bukit pasir tersebut ditumbuhi pohon-pohon *Pinus banksiana* (= *jack pine*) yang bercabang banyak serta tumbuh terbuka dan kurang subur. Sebuah habitat ekstrem lain *Pinus* tersebut ditemukan pada tanah berpasir yang berbatasan dengan daerah rawa yang ditumbuhi tegakan *Picea mariana* (= *black spruce*). Daerah rawa itu sendiri terdiri atas berbagai variasi yang berkisar dari endapan gambut dangkal pada tanah mineral (diklasifikasikan sebagai “setengah rawa”) sampai endapan dalam di rawa gambut mengambang.

Habitat ekstrem lain dengan tanah mineral di permukaan ditemukan di daerah rendah, tempat air lelehan salju terkumpul pada musim semi yang mengakibatkan penggenangan selama beberapa minggu. Di sini jenis pohon berdaun lebar, seperti *Populus balsamifera*, *P. tremuloides*, dan lainnya, tumbuh bercampur dengan jenis-jenis konifer seperti *Picea glauca* (= *white spruce*).

Karena orientasi dari tapak ekstrem-kering pada bukit-bukit pasir hingga ke tapak ekstrem-basah tersebut, maka kondisi air tanah dapat dibedakan. Ini ditandai pada profil tanah oleh kehadiran atau ketidakhadiran horison gley, oleh derajat, warna dan kedalaman **bercak** (*mottling*), oleh fragipan (lapisan padas yang semipermeabel), lapisan kerikil bawah tanah, banyaknya pembasuhan seperti dinyatakan dengan kedalaman dan pengembangan horison  $A_2$  terpodsolisasi, kedalaman endapan humus permukaan, serta kehadiran air bebas pada kedalaman tertentu (dalam kaitan dengan musim). Dari penelaahan profil tanah dapat dikenal tiga rezim air, yaitu air tanah, air vados, dan air banjir. Kombinasi ketiga rezim tersebut terjadi dalam habitat yang sangat basah.

**Tanah air-tanah** (*groundwater soil*) didefinisikan sebagai tanah berpasir yang menunjukkan permukaan air tanah permanen dalam tanah bawahan dan di dalam zona akar pohon. Permukaan air-tanah dipertahankan oleh lapisan padas liat yang kedap air.

**Tanah air-vados** (*vadose water soil*) didefinisikan sebagai tanah di mana air untuk pertumbuhan pohon dihasilkan oleh bagian tanah yang berakar dengan



kapasitas simpan air (*water storage capacity*) yang terkait dengan kehadiran fragipan (dalam tanah berpasir) atau tanah bertekstur lebih halus, seperti lempung berpasir, lempung, dan lempung berliat.

**Tanah air-banjir** (*flood water soil*) didefinisikan sebagai tanah yang dibanjiri selama beberapa minggu setelah salju meleleh pada musim semi. Termasuk dalam kelompok ini adalah tanah liat di daerah rendah, tanah berpasir yang membentuk penutup tipis pada padas-liat, serta tanah aluvium pada lahan dasar dan tepi sungai.

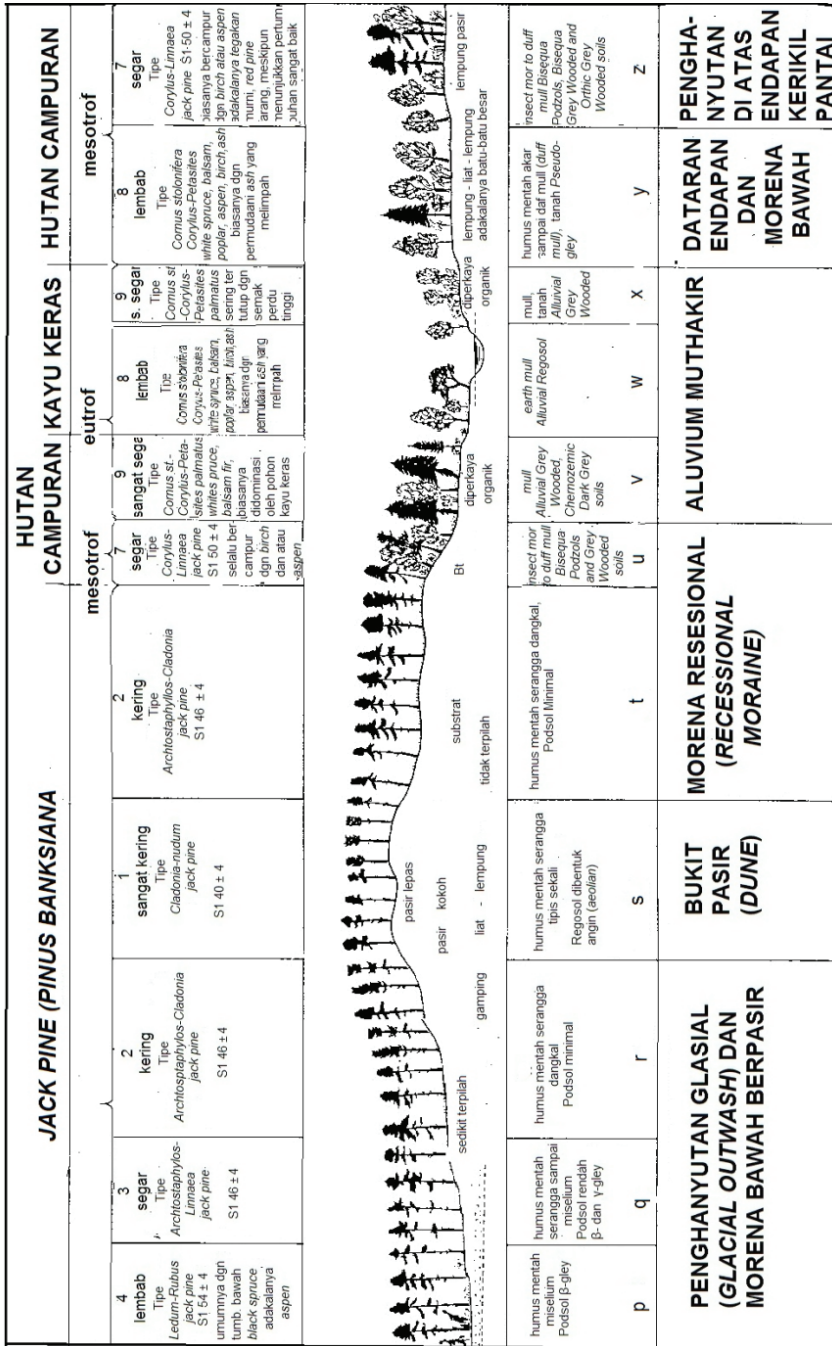
Dari pengukuran pH dan bahan organik dalam profil tanah, tampak jelas bahwa tiga rezim air tanah tersebut berkorelasi dengan kondisi hara tanah. Tanah air-tanah miskin hara (*oligotrof*) seperti ditunjukkan oleh pH rendah dan nilai karbon organik rendah. Tanah air-banjir kaya hara (*eutrof*) yang ditunjukkan oleh reaksi tanah di sekitar netral dan pengayaan oleh koloid humus yang dicampurkan ke dalam tanah mineral. Tanah air-vados mempunyai pH sama dengan tanah air-banjir, tetapi pengayaan oleh koloid humus sedikit; tanah ini didefinisikan sebagai mesotrof.

Dalam setiap rezim air tanah ini, tipe habitat ditentukan oleh tahap-tahap intensitas faktor-faktor tersebut seperti dinyatakan dalam setiap profil. Ini berakhir dengan pengenalan seri ekologi.

Untuk evaluasi yang lebih cepat dan pemetaan di lapangan, penting untuk menerjemahkan variasi rezim air tanah dan hara tanah ke dalam sifat permukaan yang mudah dikenal. Untuk maksud tersebut digunakan posisi fisiografi, karakteristik permukaan tanah (tipe humus, kedalaman, dan derajat perkembangan horizon A), dan sebaran tumbuhan bawah (Mueller-Dombois 1965).

Gambar 11.2 menunjukkan seri ekologi yang digeneralisasikan dari 14 tipe habitat hutan yang diidentifikasi dari studi tersebut. Menurut konsep Sukachev (1928), pada diagram ini kita dapat mengenal lima seri ekologi, yaitu seri komunitas (a) tidak berpohon, (b) hutan campuran, (c) *jack pine*, (d) *black spruce*, dan (e) hutan kayu keras. Berdasarkan bentuk lahan dapat dikenal paling tidak enam seri ekologi dari habitat, yaitu (a) pada endapan danau (*lacustrine deposits*), (b) pada endapan pantai, (c) pada tanah organik (*muskeg*), (d) pada **morena berpasir** (*sandy moraines*), termasuk **bukit pasir** (*dunes*), (e) pada aluvium baru (*recent alluvium*), dan pada endapan glasial (*glacial till*).





Gambar 11.2 Tipe habitat hutan di Manitoba Tenggara (seri ekologi yang digeneralisasikan). (Lanjutan)

Tabel 11.5 mempertautkan tipe-tipe habitat menjadi sebuah bagan pengelompokan, yang mengidentifikasi tipe-tipe habitat tersebut berdasarkan rezim kelembapan dan hara serta berbagai kualitas ekologi lain. Masing-masing kualitas ekologi membentuk landasan bagi seri ekologi tertentu seperti didefinisikan dalam perspektif habitat. Pada Tabel 11.2 diidentifikasi delapan seri seperti itu, yaitu seri (a) oligotrof, (b) mesotrof, (c) eutrof, (d) air-tanah, (e) air-vados, (f) air-banjir, (g) setengah-rawa, dan (h) rawa. Dalam konsep seri ekologi, tidak jadi masalah bila terdapat banyak tumpang-tindih antara seri rezim air dan hara. Berbagai habitat dalam masing-masing seri yang berjumlah delapan tersebut terjadi sepanjang segmen-segmen transek seperti ditunjukkan dalam Gambar 11.2.

### 11.2.3 JENIS TUMBUHAN BAWAH SEBAGAI INDIKATOR EKOLOGI

Sebuah seri ekologi tertentu, misalnya, dibentuk oleh habitat-habitat air-tanah oligotrof, seperti ditunjukkan sebagai habitat 1 sampai 5 dalam Gambar 11.2. dan Tabel 11.5. Pertumbuhan pohon pada habitat 1 dan 2 biasanya tidak dipengaruhi oleh air-tanah, karena bila ditemukan air-tanah tersebut terlalu rendah untuk dapat menyediakan air kapiler secara efektif. Tetapi, habitat 1 dan 2 terdapat pada pasir oligotrof, yang membentuk media perakaran juga bagi habitat 3 sampai 4. Dalam habitat 5, gambut lumut yang masam membentuk medium utama perakaran bagi tegakan *Picea mariana*, tetapi akar-akar pohon sering dapat menjangkau tanah mineral gley berpasir di bawah.

Oleh karena itu, urutan habitat dari 1 sampai 5 membentuk urutan penurunan kedalaman **paras air-tanah** (*watertable*). Kedalaman membentang dari lapisan tanah di bawah jangkauan akar pohon pada musim semi (habitat 1) hingga ke permukaan tanah mineral (habitat 5). Dari perspektif pertumbuhan pohon, urutan kedalaman paras air-tanah ini dicerminkan oleh peningkatan indeks tapak untuk *Pinus banksiana* dari 46 (habitat 1) sampai 54 (habitat 4). Nilai indeks tapak adalah tinggi (dalam kaki) yang dicapai *Pinus banksiana* selama 50 tahun pertumbuhan. Perubahan dari habitat 4 ke habitat 5 ditandai oleh perubahan tipe penutupan hutan menjadi *Picea mariana* dan pengurangan indeks tapak menjadi 38.

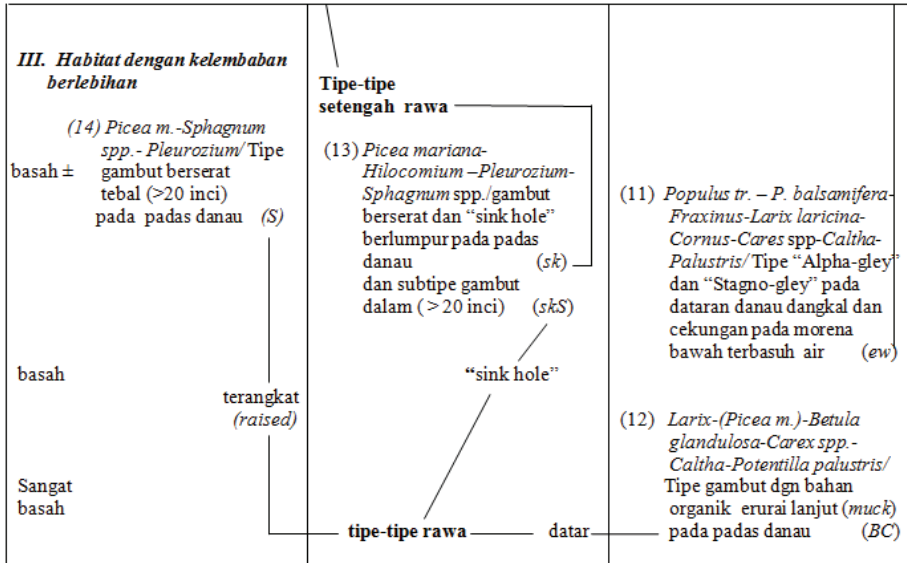
Jenis-jenis dalam vegetasi bawah penting untuk penentuan batas masing-masing tipe habitat. Dalam beberapa jenis terdapat sebuah korelasi yang ditunjukkan oleh amplitudo terbatas dan perbedaan kuantitatif sepanjang landaian kedalaman paras air-tanah.

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

**Tabel 11.5** Tipe-tipe habitat hutan di Manitoba Tenggara dan karakteristik Ekologi utama. (dari Mueller-Dombois 1964).

OLIGOTROF (hara miskin)	MESOTROF (hara antara)	EUTROF (hara kaya)
<b>I. Habitat nyata dipengaruhi oleh kekeringan selama masa pertumbuhan</b>		
<p>Sangat kering (1) <i>Pinus banksiana-Cladonia spp.-nudum/Aeolian</i> Regosol pada bukit pasir tinggi (vd)</p> <p>kering (2) <i>Pinus-Arctostaphylos uvaursi-Cladonia spp./Tipe Podsol</i> Minimal pada morena resesional berpasir, penghanyutan glasial dan puncak endapan pantai: (d) dan sub tipe lebih kering (d+)</p>	<p style="text-align: center;"><b>tipe-tipe air-tanah</b></p> <p>(7) <i>Pinus-Betula papyrifera-Populus tremuloides-Corylus cornuta-Linnaea/ Podsol Bisequea</i> dan tipe "Ordhic Grey Wooded" pada endapan pantai Berkerikil, teras-teras penghanyutan, lereng morena resesional dan pasir hanyut di atas endapan liat-lempung : (mf) dan sub tipe lebih kering (mf-)</p> <p>(8) <i>Populus tr.-(Picea glauca)-Cornus stolonifera-Corylus Petasites palmatus/tipe pseudogley</i> pada endapan lempung berpasir sampai liat lempung morena bawah terbasuh air (mm)</p>	<p style="text-align: center;"><b>tipe-tipe air-valdos</b></p> <p>(9) <i>Populus tr.-Fraxinus pennsylvanica-Cornus-Corylus -Petasites/ tipe "Alluvial Grey Wooded dan tipe " Chernozemic Dark Grey" pada teras-teras Dan dataran lebih tinggi (evf)</i></p>
<b>II. Habitat dengan kondisi kelembaban tanah baik</b>		
<p>segar (3) <i>Pinus-Arctostaphylos Linnaea borealis/ Tipe Podsol gley-Beta dan Gama rendah</i> pada endapan pasir pantai, penghanyutan rendah bergelombang dan morena ber- dasar pasir: (of)</p> <p>(4) <i>Pinus-Ledum grundlandicum- Rubus idaeus/ Tipe Podsol Beta -gley</i> di tepi endapan pantai, penghanyutan da morena berpasir di tempat rendah (om)</p> <p>(5) <i>Picea mariana-Hilocomium splendens-Pleurozium schreberi-Sphagnum spp./Tipe Gleysol bergambut</i> pada pasir tepi danau dan morena bawah (FS)</p>	<p>(6) <i>Populus tr. -P. balsamifera-(Picea glauca)-Cornus-Petasites/ tipe Alfa-gley</i> pasir tepi danau dan morena bawah (mvm)</p>	<p style="text-align: center;"><b>tipe-tipe air-banjir</b></p> <p>(10) <i>Fraxinus-Populus b-Ulmus Americana-Matteuccia struthiopteris/ Tipe Regosol Aluvium</i> pada lahan paling bawah dekat sungai aktif (evm)</p>
		juga terjadi kombinasi (air-tanah dan airvaldos)

Studi Korelasi Vegetasi-Lingkungan



## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

**Tabel 11.6** Sebaran jenis indikator sepanjang urutan air tanah oligotrof di Manitoba Tenggara (dari Mueller-Dombois 1964)\*

TIPE HABITAT (Lambang seperti pada TABEL 11.5)	KERING			LEMBAB		
	1 vd	(2) d+	2 d	3 f	4 m	5 vm
<b>W1** Terbatas di kering</b>						
L <i>Cladonia silvatica</i>	■	+	•	•		
M <i>Polytrichum piliferum</i>	■	+	•			
F <i>Solidago nemoralis</i>	■	■	+	+		
G <i>Koeleria cristata</i>	•	■	•	•		
<b>W2 Terutama kering</b>						
S <i>Prunus pumila</i>	■	■	■	•	•	
LS <i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	■	■	■	■	•	
G <i>Oryzopsis pungens</i>	■	■	■	■	•	
<b>W3 Antara</b>						
F <i>Campanula rotundifolia</i>	•	■	■	+	•	
LS <i>Gaultheria procumbens</i>	+	+	■	■	+	•
LS <i>Chimaphila umbellata</i>	•	•	■	■	•	•
G <i>Oryzopsis asperifolia</i>	•	+	■	■	■	•
F <i>Fragaria virginiana</i>		•	■	■	■	•
<b>W4 Terutama lembab</b>						
LS <i>Linnaea borealis</i>		•	•	■	■	■
F <i>Rubus pubescens</i>			•	•	■	■
S <i>Rubus idaeus</i>			•	•	■	•
F <i>Cornus canadensis</i>				+	■	■
S <i>Cornus stolonifera</i>		•	•	•	■	■
S <i>Ledum groenlandicum</i>				•	■	+
F <i>Trientalis borealis</i>				•	■	+
M <i>Hylocomium splendens</i>		•	•	•	•	■
<b>W5 Terbatas di lembab</b>						
F <i>Petasites palmatus</i>				•	+	■
LS <i>Vaccinium vitis-idaea</i>				•	•	■
F <i>Coptis trifolia</i>				•	•	■
M <i>Sphagnum warnstorffianum</i>					•	■
<b>W6 Tidak responsif</b>						
S <i>Vaccinium angustifolium</i>	+	■	■	■	■	■
S <i>Rosa acicularis</i>	•	■	■	■	■	■
F <i>Maianthemum canadense</i>	•	■	■	■	■	•
M <i>Pleurozium schreberi</i>	•	■	■	■	■	■
M <i>Dicranum rugosum</i>	+	+	+	■	+	■

@ ■ = hadir di > 80 persen cuplikan-cuplikan tegakan, + = hadir di 60-80 persen cuplikan tegakan, • = hadir di < 60 persen cuplikan-cuplikan tegakan, L = lumut kerak, M = lumut, F = terna nir-rumput, G = rumput, S = perdu, LS = perdu sangat pendek. Setiap habitat dicuplik dengan minimal lima releve masing-masing berukuran 800 m

\*\*W = Kelompok air. Catatan: ini bukan "kelompok jenis ekologi", karena setiap kelompok mengandung jenis dengan bentuk hidup yang beraneka.

Dalam Tabel 11.6 jenis-jenis tersebut disusun menjadi enam kelompok, seperti ditunjukkan terdahulu untuk jenis gulma pertanian dalam kaitan dengan pH tanah. Perlu dicatat bahwa kelompok-kelompok jenis tersebut bukan kelompok ekologi dalam arti yang sebenarnya karena kelompok-kelompok tersebut terdiri atas bentuk hidup yang sangat berbeda. Misalnya, dalam kelompok pertama terdapat paling tidak dua kelompok ekologi: satu terbentuk oleh lumut kerak dan lumut yang hanya menempel pada permukaan tanah, serta yang satu lagi terdiri atas rumput dan terna nir-rumput atau terna berdaun lebar (*forbs*) yang keduanya berupa hemikriptofit berakar dalam. Oleh karena itu, dalam kelompok-kelompok yang ditunjukkan di sini, beberapa jenis menyerap air dan hara tanah dari berbagai kedalaman dalam profil tanah. Jadi, jenis-jenis tersebut saling melengkapi dan tidak bersaing langsung dalam pemanfaatan habitatnya.

### 11.3 ANALISIS LANDAIAN LINGKUNGAN

#### 11.3.1 KONSEP

Pada prinsipnya **analisis landaian lingkungan** (*environmental gradient analysis*) tidak berbeda dengan pendekatan klasifikasi ekologi dan pembentukan kelompok ekologi jenis yang telah dibahas sebelum ini. Tiga pendekatan ini terkait dengan analisis sebaran jenis dan komunitas sepanjang landaian-landaian lingkungan yang telah diketahui. Analisis dengan pendekatan lingkungan dan floristik telah dibahas dalam sebuah tinjauan oleh Whittaker (1967), yang menamakannya **analisis landaian langsung** (*direct gradient analysis*). Pendekatan dengan pola-pola yang terbentuk oleh vegetasi itu sendiri disebut **analisis landaian tidak langsung** (*indirect gradient analysis*). Analisis landaian tidak langsung tersebut pada dasarnya tidak berbeda dengan klasifikasi komunitas melalui cara pembentukan kelompok jenis pembeda atau ordinasasi cuplikan vegetasi dengan koefisien korelasi komunitas atau indeks kesamaan. Dalam pendekatan ordinasasi, evaluasi pola floristik adalah tahap pertama yang dilakukan. Setelah itu dibuat interpretasi pola vegetasi dalam kaitannya dengan lingkungan. Dalam analisis landaian langsung variasi lingkungan sudah diketahui sejak semula. Kemudian dicari sejauh mana variasi floristik tersebut berkorelasi dengan variasi lingkungan yang telah diketahui.

Analisis landaian lingkungan banyak memberi sumbangan kepada usaha untuk menjelaskan sebab-sebab yang melandasi sebaran tumbuhan dan komunitas. Namun, hubungan sebab-akibat pada tingkat yang mendalam



tentang sebaran tumbuhan sukar untuk dibuat melalui pengamatan lapangan. Kesukaran tersebut disebabkan oleh interaksi antara tumbuhan, **pamarutan** (*browsing*) dan **penggembalaan** (*grazing*) oleh hewan, kebakaran dan faktor-faktor lain, yang sering kali mengaburkan hubungan langsung dengan intensitas faktor-faktor lingkungan yang diketahui. Penyebab pola-pola yang halus seperti ini hanya dapat ditentukan dengan eksperimen (lihat Bab 12).

### 11.3.2 TEKNIK

Pertanyaan dasar dalam analisis landaian lingkungan yang dikemukakan Whittaker (1967;1970) adalah: “Bagaimana populasi jenis disebarkan dalam hubungan yang satu dengan yang lain dan kaitannya dengan komunitas sepanjang landaian lingkungan?”

Sebagai contoh, ambil **landaian elevasi** (*altitudinal gradient*) yang menaik pada lereng gunung yang menunjukkan sabuk-sabuk atau zona vegetasi yang jelas. Pendekatan Whittaker untuk pencuplikan vegetasi adalah sengaja mengabaikan batas-batas vegetasi dan membagi landaian elevasi secara manasuka ke dalam sabuk-sabuk elevasi 300 m. Dalam sabuk-sabuk elevasi tersebut vegetasi dicuplik sepanjang sublandaian (*subgradient*), yang disebutnya **landaian kelembapan topografi** (*topographic moisture gradient*). Landaian yang disebut terakhir ini terkait dengan sederetan tapak-tapak topografi yang menurut posisinya menunjukkan sebuah landaian dari tapak lembap (dasar lembah) hingga ke tapak kering (puncak pematang gunung atau lereng menghadap selatan dan barat daya). Variasi seperti itu selalu terjadi hampir pada setiap sistem topografi pegunungan tua. Perkecualian terdapat di gunung vulkanik muda atau lereng tidak bergelombang (*smooth slope*) yang tidak menunjukkan variasi posisi topografi dan kondisi kelembapan terkait. Pada lereng tidak bergelombang seperti itu variasi kelembapan menurut posisi dapat diabaikan dalam usaha untuk mencuplik sebaran jenis dan komunitas dalam kaitan dengan landaian elevasi.

Dalam monografi tentang studi vegetasi di Siskuyu Mountain, Whittaker (1960) menggunakan sekitar 60 cuplikan vegetasi, yang masing-masing berupa plot berukuran 50 x 20 m (1.000 m<sup>2</sup>) untuk mencuplik landaian kelembapan topografi dalam sabuk elevasi 300 m. Dalam setiap plot, ia menghitung semua pohon dan perdu menurut jenis. Terna dan perdu rendah hanya dihitung frekuensinya dan untuk itu dibuat pencuplikan dengan 25 buah 1 x 1 m kuadrat dalam setiap plot 1.000 m<sup>2</sup>.

Kriteria untuk peletakan cuplikan vegetasi adalah bahwa tapak untuk plot 1.000 m<sup>2</sup> harus seragam, yaitu menghindari tempat-tempat dengan permukaan tidak rata atau dengan arah lereng yang berubah. Tegakan-tegakan yang belum lama terganggu tidak dicuplik. Selanjutnya Whittaker juga mencoba untuk membuat peliputan vegetasi secara “acak” pada setiap sabuk elevasi. Di sini “acak” diartikan sebagai peletakan cuplikan vegetasi yang secara geografi mewakili di bentangan sabuk elevasi tersebut. Tempat-tempat sepanjang jalan setapak yang memenuhi kriteria keseragaman tapak dicuplik. Jadi, pencuplikan Whittaker bukan acak dalam pengertian statistika karena terhadang oleh masalah akses. Meskipun demikian, kesukaran akses dan keperluan untuk memperoleh liputan geografi dan keterwakilan secara spasial sering kali menentukan rancangan pencuplikan vegetasi.

Dalam studi terdahulu di Smoky Mountains, Whittaker (1956) menggunakan dua rancangan pencuplikan, yang dinamakan **transek lapangan** (*field transect*) dan **cuplikan tapak** (*site samples*). Transek lapangan meliputi peletakan plot pada interval-interval yang telah ditentukan sebelumnya sepanjang sebuah landaian (jarak horizontal atau interval elevasi yang telah ditentukan sebelumnya). Karena lokasi cuplikan yang telah ditentukan sebelumnya tidak akan selalu memenuhi kriteria **tapak seragam** (*uniform site*), ia melonggarkan pencuplikan transek lapangan yang lebih objektif menjadi rancangan cuplikan tapak, yaitu prosedur peliputan secara “acak” yang telah diuraikan di atas.

Bergantung pada kisaran kelembapan-tapak dalam sabuk elevasi, Whittaker membagi landaian kelembapan topografi menjadi enam sampai sepuluh **undak** (*steps*) dan mencuplik setiap undak dengan sekitar lima cuplikan vegetasi, yang dapat disebut sebagai taksiran cuplikan replikasi. Sebuah “undak” ditentukan oleh tipe-posisi topografi, misalnya posisi dasar lembah, posisi lereng bawah, posisi lereng menghadap utara, dsb. Posisi-posisi ini disusun menjadi urutan berundak posisi topografi atau tipe-tapak yang dievaluasi berdasarkan pengalaman yang berkisar dari lembap hingga kering di dalam sabuk elevasi yang telah ditentukan. Tidak ada faktor lingkungan yang diukur, tetapi Whittaker menyatakan bahwa landaian kelembapan merupakan faktor tapak yang menguasai dan bahwa faktor lain, seperti suhu, angin, dan lama penyinaran, akan berubah sejalan dengan landaian kelembapan topografi, yang disebutnya **landaian kompleks** (*complex gradient*).

Maksud pencuplikan dalam setiap sabuk elevasi sepanjang landaian kelembapan topografi adalah menerapkan teknik eksperimen dasar untuk

membuat variasi sebuah faktor (atau kompleks faktor) yang pengaruhnya ingin ditelaah, sementara faktor-faktor lain dipertahankan konstan. Dengan cara ini Whittaker membuat pencuplikan efek perubahan spasial dalam kelembapan terhadap perubahan populasi dan komunitas dalam rezim suhu udara yang konstan atau seragam yang diperkirakan terdapat dalam sabuk elevasi sempit (300 m). Sebaliknya, ia mampu mengelompokkan cuplikan di dalam rezim kelembapan topografi sepanjang kisaran elevasi melintasi urutan beberapa sabuk elevasi 300 m. Di Siskiyou Mountains, Whittaker menerapkan rancangan pencuplikan terkontrol yang sama kepada landaian yang melintasi bahan induk utama (dari diorit, gabro, hingga serpentin) dan juga kepada landaian iklim dari iklim maritim lembap (Pantai Pasifik) sampai ke iklim kontinental yang lebih kering (di perbatasan Kalifornia-Oregon).

Untuk penyajian hasil, Whittaker menggunakan ordinasi dua dimensi tegakan dan jenis. Untuk ordinasi tegakan, ia memperkenalkan teknik **rerata berpembobot** (*weighted average*). Metode ini memerlukan pertama-tama klasifikasi jenis menjadi kelompok amplitudo ekologi atau kelompok **sebaran landaian** (*gradient distribution*) (seperti diterapkan Ellenberg, Bab 11.1.2), tetapi kelas-kelas amplitudo Whittaker kurang rinci. Sepanjang landaian kelembapan topografi, jenis pohon diklasifikasikan menjadi empat kelompok amplitudo: (a) **moderat** (*mesic*) (yaitu jenis-jenis yang sebarannya terbatas pada ujung landaian yang lembap); (b) **submoderat** (*submesic*) (yaitu jenis yang beramplitudo lebih besar, tetapi tersebar sampai ke bagian landaian yang lembap); (c) **subkering** (*subxeric*) (yaitu jenis yang tersebar sampai ke bagian landaian yang kering); dan (d) **kering** (*xeric*) (yaitu jenis yang hanya terdapat di ujung kering dari landaian kelembapan topografi). Setiap kelas amplitudo diberi nilai sesukanya (0 untuk moderat, 1 untuk submoderat, 2 untuk subkering, dan 3 untuk kering). Nilai sesukanya ini digunakan sebagai pengganda dalam pemerinkatan atau mengordinasikan tegakan cuplikan sepanjang sumbu landaian kelembapan. Misalnya, sebuah tegakan hutan di lembah terdiri atas 100 pohon. Dari jumlah ini 60 pohon termasuk jenis moderat, 30 merupakan jenis submoderat, 10 adalah termasuk ke dalam jenis kering, dan tidak ada yang dapat digolongkan jenis kering. Untuk tegakan tersebut indeks kelembapan adalah  $(60 \times 0 + 30 \times 1 + 10 \times 2 + 0 \times 3)/100 = 0,5$ . Untuk setiap cuplikan tegakan hutan, dua rerata berpembobot seperti itu atau indeks kelembapan dihitung; yaitu satu untuk lapisan kombinasi pohon dan perdu tinggi serta satu lagi untuk lapisan gabungan terna dan perdu rendah. Seperti telah diuraikan di muka, tumbuhan lebih kecil

ini dievaluasi secara kuantitatif dengan nilai frekuensi, dan teknik pembobotan yang sama diterapkan kepada nilai frekuensi seperti ditunjukkan di atas bagi nilai kerapatan untuk pohon dan perdu tinggi. Setelah penghitungan, dua “rerata berpembobot” bagi setiap tegakan dipetakan dalam grafik dua-dimensi. Sumbu y digunakan untuk memetakan **indeks berpembobot** (*weighted index*) lapisan pohon dan perdu tinggi serta sumbu x untuk indeks berpembobot lapisan terna dan perdu rendah. Jadi, setiap tegakan memiliki dua koordinat. Panjang masing-masing sumbu ditentukan oleh kisaran indeks yang dihitung untuk masing-masing lapisan dalam urutan tegakan cuplikan. Whittaker (1967) menamakan teknik tersebut **ordinasi rerata berpembobot ganda** (*double weighted average ordination*). Tegakan yang diperingkatkan dengan cara ini boleh dikatakan membentuk sebuah pengaturan terpecah tetapi menerus sepanjang garis diagonal dua sumbu. Kondisi seperti itu diinterpretasikan oleh Whittaker sebagai bukti bahwa vegetasi mempunyai variasi menerus sepanjang landaian lingkungan, karena dalam teknik ini titik-titik petak atau tegakan tidak membentuk gugus-gugus dengan sebaran yang terputus-putus.

Untuk ordinasasi jenis, Whittaker menggunakan langsung landaian lingkungan sebagai absis (yaitu landaian kelembapan topografi, landaian elevasi, atau landaian lain). Kisaran spasial jenis terpilih diletakkan sepanjang sumbu x. Pada sumbu y dipetakan nilai kuantitatif untuk jenis dalam tegakan pada posisi pencuplikan sepanjang landaian. Nilai kuantitatif jenis adalah nilai rerata dari biasanya lima komposit cuplikan tegakan (yang dapat dianggap sebagai taksiran cuplikan replikasi). Nilai kuantitatif dinyatakan dengan nilai relatif, yaitu kerapatan relatif untuk jenis pohon dan perdu tinggi serta frekuensi relatif untuk jenis terna dan perdu rendah.

Diagram yang dibuat dengan teknik ini menunjukkan sederetan kurva jenis berbentuk lonceng. Karakteristik kurva-kurva jenis ini adalah bahwa masing-masing menunjukkan posisi dalam kaitan dengan puncak kurva (moda) dan kisaran. Moda-moda jenis satu dengan yang lain dibedakan oleh posisinya sepanjang sumbu x (landaian) dan tingginya di atas sumbu x [**kepentingan kuantitatif** (*quantitative importance*)]. Tidak ada satu pun jenis yang dilukiskan oleh Whittaker menunjukkan kisaran-kisaran sebaran yang sangat serupa. Selanjutnya, hampir tidak ada jenis yang menunjukkan posisi moda-moda yang bertumpang tindih sepanjang sumbu elevasi. Hasil-hasil ini berlawanan dengan hasil-hasil yang mengaitkan dengan kelompok-kelompok ekologi (Bab 11.1.2).

### 11.3.3 KESIMPULAN

Dari studi tentang sebaran jenis sepanjang landaian lingkungan yang dilakukan dengan teknik tersebut di atas, Whittaker (1970, 37) membuat kesimpulan sebagai berikut (kutipan):

1. Setiap jenis tersebar menurut sistemnya sendiri, berdasarkan karakteristik genetika, fisiologi dan siklus hidupnya sendiri, serta dengan caranya sendiri mengaitkan dengan lingkungan fisik dan berinteraksi dengan jenis lain. Karena itu, tidak ada dua jenis yang mempunyai sebaran sama.
2. Tumpang-tindih yang luas dan pusat-pusat populasi jenis yang terpecah sepanjang sebuah landaian dapat diartikan bahwa sebagian besar komunitas bersambung satu dengan lainnya secara perlahan dan menerus sepanjang landaian lingkungan, alih-alih membentuk zona-zona yang terpisah dan berbatas nyata (lingkungan yang tidak menerus atau gangguan seperti oleh kebakaran dan pembalakan tentu saja mengakibatkan komunitas-komunitas terputus).

Dengan kesimpulan ini, Whittaker jelas mendukung dan menegaskan kembali konsep Ramensky (1924; 1930) dan Gleason (1926) tentang individualitas jenis dan komunitas. Selanjutnya ia membuat kesimpulan tentang kontinum, seperti Curtis dan rekan-rekannya, dari aliran pemikiran Wisconsin. Whittaker sampai pada kesimpulan tersebut melalui analisis landaian langsung, sedangkan kelompok Wisconsin terutama berdasarkan analisis landaian tidak langsung. Kesimpulan tersebut berbeda dengan konsep kelompok ekologi, karena mungkin terkait dengan perbedaan bentuk hidup yang terlibat dalam penelaahan.

Selanjutnya, beberapa pertanyaan masih belum terjawab, misalnya:

1. Bagaimana mungkin begitu banyak ekologiwan vegetasi menyimpulkan bahwa kelompok jenis dapat dikenal dan mempunyai sebaran sangat serupa di alam?
2. Bagaimana kita dapat menerangkan perubahan struktur vegetasi yang sering mendadak dalam zonasi elevasi dari hutan ke semak, zonasi terna-perdu-pohon yang sering nyata pada substrat seragam di bukit pasir pantai, atau zonasi vegetasi nyata pada **dataran garam** (*salt flats*), atau habitat lain tempat landaian lingkungan tidak berubah mendadak?

Kehadiran fenomena yang disebut pada butir dua terekam baik dalam banyak studi dan telah ditegaskan kembali oleh Daubenmire (1966; 1968,18).

Whittaker dan lain-lain (misalnya McIntosh 1970) tampaknya menyangkal fenomena tersebut.

Pertanyaan pertama telah dijawab oleh Whittaker sendiri. Ia mengatakan bahwa kelompok jenis (atau komunitas) hanya dapat dikenal secara sesukanya. Ini benar, tetapi jawabannya tidak memuaskan, karena jawaban tersebut menghindari pertanyaan yang sebenarnya. Sesukanya adalah istilah yang terlalu umum untuk dikaitkan dengan fenomena bahwa beberapa jenis mempunyai kisaran sebaran yang lebih erat dan serupa (meskipun tidak persis bertumpang-tindih) sepanjang landaian lingkungan khusus dibandingkan dengan yang lain. Tidak jadi masalah bahwa derajat kesamaan atau ketidaksamaan kisaran sebaran pada dasarnya adalah menerus.

Whittaker (1967) mendefinisikan kelompok ekologi jenis sebagai jenis yang menunjukkan moda-moda yang bertumpang-tindih sepanjang sebuah landaian lingkungan. Karena itu, sebarannya mungkin bertumpang tindih. Selanjutnya “kelompok ekologi” Whittaker mungkin mencakup jenis dengan berbagai bentuk hidup yang berbeda. Untuk itu, pohon, perdu, dan terna dapat membentuk sebuah kelompok ekologi. Ini berlawanan dengan konsep kelompok ekologi Ellenberg, yang mendefinisikan kelompok ekologi sebagai jenis dengan bentuk hidup sama yang tumbuh bersama-sama pada suatu habitat dan menunjukkan kisaran sebaran yang sama terkait dengan sebuah landaian lingkungan khusus.

Tentu saja lebih mudah mencari jenis yang mempunyai kisaran sebaran yang sama bila kita mempunyai kebebasan untuk mengombinasikan bentuk-bentuk hidup yang berbeda. Kasus yang paling jelas tentang sebaran yang sangat erat dan bertumpang-tindih dapat ditemukan dalam sebaran parasit dan inangnya. Akan tetapi, derajat saling melengkapi dan saling tergantung (*independency*) antarjenis, pada prinsipnya, pasti bervariasi secara menerus antarberbagai bentuk hidup yang tidak sama dan antarjenis yang berbeda.

Sukar untuk mengerti bagaimana suatu pendapat tentang ketidakadaan korelasi sebaran-sebaran jenis dapat menjawab pertanyaan tentang jenis dan komunitas di alam. Sudah pasti juga sama dogmatisnya untuk menyatakan korelasi sebaran jenis sebagai satu-satunya ekspresi yang benar tentang perkembangan komunitas di alam. Tetapi, korelasi erat seperti itu dapat diharapkan juga terjadi dan tidak ada alasan kenapa kedua bentuk sebaran jenis tersebut tidak terdapat bersama-sama (*coexist*) dalam situasi sama atau situasi berbeda. Penelitian di masa depan akan dapat memutuskan pola korelasi jenis yang mana yang berlaku untuk

kelompok organisme dan bentuk hidup tertentu serta yang terdapat di kawasan dan landaian lingkungan tertentu.

#### **11.3.4 EMPAT HIPOTESIS**

Whittaker (1970, 35) menyajikan empat hipotesis untuk masalah ini, yaitu (kutipan):

1. Jenis yang berkompetisi, termasuk tumbuhan dominan, saling mendepak (*exclude*) sepanjang batas-batas tajam (*sharp boundaries*). Jenis-jenis lain berkembang ke arah asosiasi yang erat dengan jenis-jenis yang dominan dan ke arah adaptasi untuk dapat hidup bersama yang lain. Oleh karena itu, sepanjang landaian terbentuk zona-zona nyata dan setiap zona mempunyai kelompok jenis sendiri yang satu sama lain beradaptasi, serta pada sebuah batas tajam mengarah kepada kelompok jenis lain yang satu sama lain beradaptasi.
2. Jenis yang berkompetisi saling mendepak sepanjang batas-batas tajam, tetapi tidak terorganisasikan menjadi kelompok dengan sebaran yang paralel.
3. Sebagian besar kompetisi tidak menghasilkan batas-batas tajam antara berbagai populasi jenis. Evolusi jenis menuju adaptasi terhadap yang lain akan memunculkan kelompok-kelompok jenis dengan sebaran sama.
4. Kompetisi biasanya tidak menghasilkan batas-batas tajam antara populasi jenis dan evolusi jenis dalam hubungannya satu terhadap yang lain tidak menghasilkan kelompok-kelompok jenis dengan sebaran sama. Pusat-pusat dan batas-batas populasi jenis tersebar sepanjang landaian lingkungan.

Empat hipotesis ini dikutip dalam pernyataan penuh karena hipotesis-hipotesis tersebut barangkali merupakan pernyataan-pernyataan yang paling jelas yang disajikan mengenai masalah-masalah tersebut.

Empat hipotesis tersebut tampaknya mungkin: Yang pertama di kawasan yang miskin jenis, di mana masing-masing sinusia dalam sebuah komunitas diwakili hanya oleh beberapa jenis, barangkali hanya oleh satu jenis, dan di mana kisaran-kisaran sebaran paralel terkait dengan jenis dengan bentuk-bentuk hidup berbeda atau nilai sosiologi berbeda (menurut pengertian Daubenmire 1968). Di sini sebuah unit terpadu (komunitas) berkompetisi dengan sebuah unit terpadu lain dengan bentuk-bentuk hidup pelengkap. Setiap jenis dengan tipe bentuk hidup yang sama menendang yang lain melalui kompetisi. Situasi tentang semua sinusia saling menggantikan pada titik yang sama sepanjang landaian lingkungan

tidak mungkin berulang pada beberapa titik dengan presisi seperti disarankan dalam hipotesis 1.

Hipotesis kedua juga mungkin terjadi dalam kawasan miskin jenis, di mana sinusia hanya terdiri atas satu atau sedikit jenis. Tetapi, di sini bentuk hidup yang berbeda atau sinusia tidak terintegrasi dengan baik, masing-masing sinusia mempunyai individualitas sebaran. Misalnya, sebuah sinusia paku-pakuan dalam vegetasi bawah dalam hutan dapat meluas ke komunitas semak di luar batas hutan. Bila sinusia paku-pakuan bertemu dengan sinusia rumput, ada kemungkinan akan terdapat batas tajam sepanjang landaian. Sebaran seperti itu sudah pernah diamati juga.

Hipotesis ketiga mengasumsikan moda-moda sebaran jenis yang berkorelasi (“kelompok ekologi” menurut Whittaker 1967), tetapi dengan kisaran yang bertumpang-tindih. Moda-moda yang berkorelasi kemungkinan besar dapat ditemukan di antara jenis-jenis dengan bentuk hidup yang satu sama lain tidak berkompetisi untuk relung umum yang sama. Sebaran seperti itu sudah diamati oleh banyak peneliti.

Hipotesis keempat adalah fenomena yang tidak ada korelasi dalam moda-moda dan kisaran sebaran jenis. Whittaker sudah mendemonstrasikan pola “individualistik” sebaran jenis dengan data dari beberapa daerah. Oleh karena itu, ia berpegang-teguh kepada pandangan bahwa fenomena ini merupakan satu-satunya pola yang realistis di alam. Jadi, konsep kelompok ekologinya jelas hanya gagasan marginal, karena hanya dijelaskan dengan hipotesis ketiga.

### 11.3.5 PENERAPAN DALAM EVOLUSI

Jelas bahwa masalah sebaran jenis dan komunitas belum tuntas dengan pengakuan hanya satu dari empat hipotesis yang menggambarkan kecenderungan yang realistis. Penelitian lebih lanjut mengenai masalah tersebut penting karena mempunyai arti besar dalam evolusi interaksi jenis serta evolusi komunitas dan ekosistem. Whittaker (1967; 1970) berpendapat bahwa derajat tertinggi integrasi dicapai dengan sebuah diversitas-beta yang tinggi. Ini berarti sejumlah besar jenis dengan sebaran terbatas terakomodasi di sepanjang landaian lingkungan, berlawanan dengan beberapa jenis yang mempunyai sebaran luas pada landaian yang sama. Istilah **diversitas-beta** (*beta-diversity*) didefinisikan Whittaker (1970, 39) sebagai, “derajat perubahan komposisi jenis dalam komunitas sepanjang sebuah landaian” dan ia mengontraskan dengan **diversitas-alfa** (*alpha diversity*)



yang diacu sebagai “jumlah jenis dalam sebuah komunitas”. Perbedaan dari dua istilah diversitas tampaknya mempunyai nilai penerapan yang bermanfaat.

Whittaker berpendapat bahwa kecenderungan seleksi alam dan evolusi tumbuhan sudah menjauh dari dan bukan menuju ke pembentukan jenis dengan sebaran yang sama atau paralel. Ini pemikiran menarik. Tetapi, peningkatan kekayaan jenis pada sebuah landaian lingkungan yang mengakibatkan kisaran sebaran jenis yang terlibat lebih sempit dapat juga disertai oleh pelengkapan bentuk hidup dan karena itu tidak selalu mengakibatkan kecenderungan ke arah kisaran sebaran yang bertumpang-tindih. Dalam kata lain, tampaknya mungkin sebuah kecenderungan lain dari seleksi alam dan evolusi tumbuhan telah mengarah kepada pembentukan jenis dengan sebaran sama atau paralel. Selanjutnya, jenis dengan sebaran paralel tidak perlu hanya termasuk ke dalam bentuk hidup yang beraneka, tetapi juga dapat termasuk ke dalam jenis dengan bentuk hidup sangat serupa, seperti dijelaskan dalam konsep kelompok ekologi (Bab 11.1.1).

Perlu dijelaskan lagi bahwa argumentasi yang dikemukakan di atas tidak berarti tidak setuju dengan penemuan Whittaker dan konsep kelompok ilmuwan Wisconsin bahwa sebaran jenis bertumpang-tindih sepanjang sebuah landaian; tetapi yang tidak disetujui adalah gagasan tumpang-tindih sebaran sebagai satu-satunya cara sebaran jenis di alam dan evolusi selalu mengakibatkan tumpang-tindih sebaran. Alih-alih, dikemukakan bahwa dua kecenderungan, tumpang-tindih sebaran dan sebaran yang tersinkronkan di antara jenis, dapat diamati di alam dan kedua kecenderungan dapat terjadi dalam proses evolusi.

# 12

## **PENYELIDIKAN ANALITIS SEBAB-MUSABAB TENTANG ASAL KOMUNITAS TUMBUHAN**

### **12.1 LINGKUP PENDEKATAN ANALITIS SEBAB-MUSABAB**

Setiap studi komunitas tumbuhan yang cermat menuntun kita ke suatu pengamatan bahwa komposisi jenis menunjukkan tanggapan tertentu terhadap lingkungannya. Namun, bukti untuk interpretasi ini hanya dapat diperoleh dari pengukuran dan eksperimentasi.

Pendekatan analitis sebab-musabab tentang ekologi vegetasi baru dalam tahap permulaan dan tidak mewakili baik secara metode maupun materi bidang sains yang telah didefinisikan dengan jelas. Bidang ini sangat berhubungan erat dengan cabang botani dan biologi yang lain (biogeografi, palinologi, fisiologi, genetika, dan biokimia) serta dengan banyak disiplin terkait lain.

Meskipun demikian, di sini yang akan dipertimbangkan hanya pertanyaan-pertanyaan yang terkait khususnya dengan interaksi sosiologi tumbuhan dalam komunitas alami atau semi-alami. Dalam sudut pandang ini, berbagai pertanyaan tentang alelopati, misalnya, dipertimbangkan sebagai bagian analitis sebab-musabab penelitian vegetasi hanya jika pertanyaan-pertanyaan tersebut terkait dengan jenis yang tumbuh bersama dalam habitat alami mereka, di mana jenis-jenis tersebut mungkin bersaing satu sama lain. Suatu bidang penelitian komplementer yang penting adalah genekologi, seperti didefinisikan Baker (1952), yang berupa studi eksperimental tentang sifat-sifat populasi jenis (Hiesey, Nobs & Björkman 1971).

Pertanyaan dasar dari suatu sudut pandang analisis sebab-musabab adalah: Bagaimana komposisi jenis komunitas tumbuhan tertentu berasal? Pertanyaan semacam ini tidak dapat dijawab secara umum, sebab konstelasi berbagai alasan untuk asal-usul suatu komunitas tumbuhan berbeda di setiap lokasi di permukaan bumi.

## 12.2 PENYEBAB PEMBENTUKAN KOMUNITAS

Faktor-faktor penyebab dasar atau kompleks-faktor untuk pengembangan komunitas adalah sebagai berikut:

1. Flora (*f*) suatu area, yang menyediakan bahan dasar, macam-macam tumbuhan dari berbagai peringkat taksonomi, yang untuk penyederhanaan di sini diacu sebagai jenis.
2. Kemampuan suatu jenis mencapai habitat yang dipertanyakan. Ini terutama bergantung kepada sebaran jenis di lingkungannya, mekanisme pemencaran, dan peluang pemantapan. Ini dapat disebut faktor aksesibilitas (*a*).
3. Sifat-sifat jenis itu sendiri, khususnya bentuk hidup, persyaratan fisiologi, dan karakter lain yang mempunyai pengaruh terhadap kemampuan mereka untuk bersaing satu sama lain sehingga mereka menjadi mantap di habitat. Ini dapat disebut sifat-sifat ekologi tumbuhan (*e*).
4. Habitat (*h*). Ini adalah jumlah faktor-faktor lingkungan yang berlaku pada suatu lokasi tertentu yang dipertanyakan.
5. Waktu (*t*) yang telah berlalu mengikuti suatu kejadian utama sejarah yang memulai invasi vegetasi atau suatu perubahan salah satu atau faktor habitat lain.

Lima kompleks-faktor yang efektif dalam pembentukan komunitas dapat dinyatakan dalam bentuk suatu fungsi ( $\int$ ):

$$\text{komunitas tumbuhan} = \int (f, a, e, h, t)$$

yang dalam hal ini

*f* = flora

*a* = faktor aksesibilitas

*e* = sifat-sifat ekologi tumbuhan

*h* = habitat

*t* = waktu

Fungsi ini sedikit berbeda dengan pendekatan lima faktor Jenny (1941) untuk pembentukan tanah yang diterapkan Major (1951) guna pembentukan vegetasi atau komunitas. Sebagaimana dapat dibaca berikut ini:

$$\text{komunitas tumbuhan} = \int (o, c, p, r, t)$$

yang dalam hal ini

$o$  = **organisme**

$c$  = **iklim**

$p$  = **bahan induk tanah = habitat**

$r$  = **relief atau topografi**

$t$  = **waktu**

Dua persamaan tersebut hanya berbeda dalam penekanan.

Dalam fungsi Major, faktor kompleks “organisme” dinyatakan secara sangat luas. Dalam fungsi yang disajikan di sini, kompleks organisme yang sama diperinci lebih lanjut menjadi tiga, yaitu flora, aksesibilitas, dan sifat-sifat ekologi tumbuhan, yang merupakan faktor sangat penting dalam sebab-musabab ekologi vegetasi. Di antara sifat-sifat ekologi tumbuhan, yang paling utama adalah kapasitas kompetitif jenis-jenis yang tersedia yang menentukan pola komunitas selain faktor-faktor habitat. Masalah persaingan dibahas secara rinci dalam Bab 12.5.

Dalam fungsi Major, faktor kompleks habitat dibedakan menjadi tiga, yakni iklim, bahan induk tanah (*parent soil material*) dan topografi. Ini suatu masalah penekanan belaka. Pembahasan ini menekankan efek total dan gabungan semua faktor lingkungan, dan oleh karenanya, satu lambang, [h], tampak memuaskan. Sudah tentu konsep habitat dapat dirinci bahkan jauh melebihi tiga komponen (iklim, tanah, dan topografi) sampai ke segi perbedaan intensitas dan kombinasi dasar parameter lingkungan yang diperlukan untuk eksistensi komunitas (energi, air, hara). Selain itu, konsep habitat meliputi juga faktor-faktor penting seperti api, penggembalaan, pemangsaan biji (Janzen 1971), dan semua bentuk intervensi manusia sepanjang faktor-faktor tersebut mempunyai suatu pengaruh secara menerus atau secara berulang dan reguler.

Waktu yang digunakan dalam persamaan di atas adalah suatu kompleks, setidaknya tiga elemen yang dapat didefinisikan secara terpisah, yaitu [a] waktu sebagai “laju perubahan”, [b] waktu sebagai “umur komunitas”, dan [c] waktu sebagai suatu kejadian signifikan yang berpengaruh terhadap komunitas di masa lalu dalam bentuk suatu **sejarah gangguan** (*historical perturbation*). Sebagaimana dinyatakan oleh Billings (1965), waktu bukanlah suatu faktor seperti suhu ataupun air. Alih-alih, ia memertelakan waktu sebagai suatu dimensi yang lebih diutamakan daripada dimensi lain. Waktu, sudah pasti, adalah elemen penting dalam pembentukan komunitas. Tetapi, pentingnya waktu adalah landasan bagi

semua proses, karena waktu merupakan skala pokok yang mendasari perubahan. Pembentukan komunitas dapat ditinjau dalam kaitannya dengan skala waktu yang berbeda. Dalam skala waktu singkat, kita mungkin memandang proses sebagai suksesi. Skala waktu ini mungkin membutuhkan puluhan tahun dalam suksesi sekunder dan ratusan tahun dalam suksesi primer (untuk definisi lihat Bab 13). Dalam skala jangka panjang, kita mungkin memandang proses sebagai evolusi (Bab 12.7.).

Biasanya, lima kompleks-faktor (f, a, e, h, t) berinteraksi dalam berbagai cara. Sebagai contoh, **perkembangan filogenesis** (*phylogenetic development*) jenis dan ekotipe dipengaruhi oleh lingkungan lokal. Di lain pihak, habitat akan diubah oleh jenis yang menempatnya. Perubahan tersebut dapat menyajikan kondisi kehidupan tumbuhan yang lebih baik selain menyebabkan modifikasi habitat. Ini menghasilkan reaksi dalam suatu rantai waktu dan suatu rangkaian hubungan sebab dan akibat yang kompleks yang sulit untuk diuraikan.

Suatu sistem sebab dan akibat yang rumit semacam itu hanya dapat dipahami tahap demi tahap. Dalam banyak hal, beberapa faktor dapat dieliminasi langsung dalam investigasi khusus. Sebagai contoh, dalam investigasi jangka pendek dan lokasi terbatas sering memungkinkan untuk mempertimbangkan flora dan sifat-sifat jenis sebagai aspek yang konstan. Kemampuan jenis mencapai habitat akan berperan penting hanya dalam studi invasi tumbuhan pada substrat baru, pada tanah terbuka, di areal di mana jenis introduksi belum bernaturalisasi atau di mana jenis terdapat dalam relik populasi kecil. Secara lokal, kepentingan faktor asesibilitas hilang bersama waktu. Waktu merupakan suatu faktor penting hanya dalam kasus tersebut di mana komunitas tumbuhan belum mencapai suatu keseimbangan dengan faktor lingkungan yang berlaku. Ini bervariasi di berbagai wilayah. Namun demikian, di banyak wilayah—bahkan di lanskap pertanian—vegetasi yang lebih-kurang melestarikan diri atau yang relatif seimbang dapat ditemukan. Di bawah kondisi tersebut, faktor-faktor habitat dan sifat-sifat ekologi biasanya menjadi inti kegiatan penelitian dalam analisis sebab-musabab.

### 12.3 PERAN PENTING FLORA DALAM PEMBENTUKAN KOMUNITAS

Pengaruh flora dalam suatu vegetasi hanya dapat diapresiasi baik jika kita mengadakan satu perjalanan dalam suatu kawasan geografi yang luas dan kemudian membandingkan berbagai bagian dunia yang berbeda. Kita akan menemukan

bahwa habitat yang sama mungkin ditempati oleh komunitas tumbuhan yang berbeda, bila habitat ini terdapat dalam wilayah floristik berbeda.

Contoh-contoh yang baik adalah semak dan formasi hutan malar hijau di kawasan Mediterania (*Mediterranean*) bila dibandingkan dengan empat kawasan dunia lain dengan iklim Mediterania—Provinsi Cape di Afrika Selatan, bagian-bagian Australia Selatan, serta bagian-bagian tertentu pesisir barat Amerika Utara dan Selatan (di California bagian selatan dan Chile). Kawasan ini memiliki iklim yang sama dan, sebagai akibatnya, bentuk-hidup yang sama mendominasi vegetasi alami. Meskipun demikian, formasi malar hijau di lima kawasan ini secara floristik sangat berbeda. Komunitas hutan di bagian tertutup es Amerika Utara dan Eropa Utara, yang terdapat dalam iklim yang sama, tidak terlalu berbeda. Dalam perbandingan ini, tetumbuhan yang menempati posisi sama dalam komunitas tersebut sebagian adalah jenis yang berkerabat. Namun, flora pohon Amerika Utara memiliki jenis yang lebih kaya.

### 12.3.1 AKSES KE HABITAT

Dari suatu kawasan flora, hanya jenis-jenis yang tersedia untuk menempati suatu habitat yang diikuti dengan kompetisi, yang mampu mencapai tempat tertentu. Aksesibilitas habitat untuk berbagai jenis berbeda mungkin bervariasi, bergantung kepada kondisi vegetasi itu sendiri, karakteristik daerah sekitar, dan lokasi mutakhir jenis yang berpotensi sebagai penyerbu.

Sejauh ini, faktor tersebut hanya sedikit memperoleh perhatian. Heimanns (1954) dan Egler (1954) menekankan bahwa aksesibilitas merupakan suatu aspek penting dalam analisis sebab-musabab, khususnya hubungan komunitas yang berdampingan dengan habitat yang dipermasalahkan memainkan peran besar.

Sebagaimana dipertelakan Ellenberg (1956), di suatu kerangas *Calluna* yang berdampingan dengan tegakan pinus yang menghasilkan biji, akan segera dapat diamati semai pinus tumbuh dalam komunitas kerangas. Selain itu, frekuensi pinus-pinus muda amat berbeda, sesuai dengan jarak terhadap pohon-pohon biji dan dengan arah angin yang umum. Sering kali frekuensi sepanjang transek menjauh dari sumber biji dapat digunakan sebagai suatu ukuran relatif akses ke suatu area pencuplikan. Observasi serupa dapat dibuat di mana suatu jalur pohon-pohon *Betula pendula* melintasi lahan kerangas. Biasanya dapat dilihat bahwa jarak-akses merata, dan oleh karena itu aksesibilitas titik-titik yang sama jauhnya dari sumber biji juga lebih besar untuk biji-biji pohon *Betula pendula*

ketimbang untuk biji-biji pinus. Tetapi, biasanya jarak yang lebih besar tidak dapat dijembatani, bahkan oleh pohon *Betula pendula*. Dengan alasan tersebut, sebagai contoh, dapat ditemukan bahwa di sekitar tegakan *Betula pubescens* rawa (*swamp-birch*) hampir secara khusus hanya *Betula pubescens* rawa yang menjadi jenis pionir hutan di kerangas dan lahan terbuka di sebelahnya, sementara itu dekat pohon-pohon *Betula pendula*, jenis pohon yang lebih dominan sebagai pionir adalah jenis pohon *Betula pendula* itu sendiri.

Contoh-contoh menunjukkan bahwa akses ke suatu tempat pertumbuhan terutama bergantung kepada tiga faktor: (a) mekanisme distribusi khusus jenis-jenis tumbuhan yang sedang dipertimbangkan, (b) umur dan tingkat perkembangan, vitalitas atau tinggi, dan kapasitas reproduksi perwakilan jenis tersebut, dan (c) kelimpahan, jarak, dan posisi sumber biji jenis.

Akses-tumbuhan yang sangat penting untuk pembentukan komunitas tumbuhan dapat dipelajari dengan amat baik dalam kawasan yang baru dihutankan (*afforested*), yakni kawasan yang tanpa tutupan hutan untuk beberapa dekade. Daftar jenis yang tumbuh di bawah pohon-pohon yang ditanam mungkin pada awalnya memiliki kesamaan rendah dengan daftar jenis hutan di sekitarnya. Pada lahan yang dihutankan, mungkin daftar jenis mirip sekali dengan daftar jenis dalam komunitas kerangas, padang rumput, atau komunitas gulma pertanian, bergantung kepada penggunaan lahan sebelumnya. Meskipun demikian, jenis-jenis tumbuhan bawah dalam hutan yang tipikal segera muncul, dan sering menunjukkan suatu kemampuan bersaing yang unggul di bawah kondisi yang diubah oleh penghutanan, misalnya ketersediaan cahaya yang menurun. Tetapi, waktu yang diperlukan lama sekali bagi kedatangan jenis-jenis asli dari hutan yang tidak mempunyai mekanisme persebaran yang efisien, atau jenis-jenis tumbuhan bawah yang secara kuantitatif kurang melimpah.

Lokasi pertumbuhan di lembah-lembah alpin umumnya dapat dijangkau oleh tumbuhan yang terdapat di semua daerah vegetasi alpin, terutama jika vegetasi alpin ini dibentuk oleh jenis anemokori, seperti konifer. Aksesibilitas tinggi berbagai habitat lembah alpin untuk tumbuhan alpin mungkin merupakan suatu alasan mengapa proses suksesi, setelah invasi substrat kasar, berjalan sangat cepat dan pola-polanya teratur meskipun iklim keras. Akses juga memainkan suatu peran penting di daerah kaki bukit sebuah gunung. Bukit-bukit di kaki gunung dicapai dengan mudah oleh biji-biji dan buah tumbuhan dari daerah alpin dan subalpin yang tinggi. Namun, mereka biasanya tidak berhasil bersaing dalam kondisi iklim yang kurang keras. Tetapi, unsur-unsur ekstrazonal ini sering

dapat sintas untuk waktu lama pada substrat yang lebih ekstrem, seperti kerikil aluvium tepi sungai, pada batu licin, dan pada bercak-bercak lahan gundul dan tanah-tanah yang dibersihkan secara artifisial.

Jika suatu lokasi pertumbuhan mudah dijangkau oleh jenis-jenis tertentu, jenis-jenis tersebut bahkan mungkin menjadi penghuni tetap, meskipun tidak berkembang-biak di bawah kondisi lingkungan lokasi tersebut atau bersaing dengan cara pertumbuhan vegetatif. Dalam kasus seperti ini, suatu pasokan bibit yang melimpah dan menerus dapat menjamin keberadaan jenis tersebut. Ini berlaku, sebagai contoh, untuk *Pinus sylvestris* yang tumbuh di rawa, di mana jenis ini tidak menghasilkan biji. Dalam situasi seperti itu, cara persebaran vegetatif efektif sekali, seperti dicontohkan oleh *Phragmites communis*. Tumbuhan ini bahkan dapat tumbuh pada tanah kering dengan sulur-sulur yang menjulur jauh, asalkan sulur-sulur tersebut berasal dari rimpang yang terletak di habitat lembap.

### **12.3.2 KEHADIRAN JENIS TUMBUHAN TERPENDAM**

Setiap habitat dapat dijangkau oleh lebih banyak jenis ketimbang yang tumbuh di atasnya. Ini ditunjukkan oleh fakta bahwa biasanya banyak biji-biji hidup terlihat dalam tanah, yang tidak termasuk dalam jenis yang ada sebagai semai ataupun tumbuhan dewasa dalam komunitas. Jumlah biji-biji terpendam dalam tanah sangat besar dalam kebanyakan contoh yang diteliti. Barbour & Lange (1967) mencatat sejumlah kajian mengenai subjek ini. Penghitungan berdasarkan permukaan per meter pesegi tanah pertanian, Wehsarg (1954) menemukan suatu kandungan 25.000 hingga 150.000 biji yang dirangsang untuk berkecambah dengan pembalikan tanah secara berulang-ulang.

Contoh yang paling mengesankan bahwa biji-biji terpendam itu penting adalah pemunculan secara spontan jenis baru pada lahan hutan yang ditebang. Biji-biji ini diaktifkan karena tiba-tiba terdadah langsung kepada cahaya matahari dan oksigen. Observasi serupa dapat dilakukan pada tanah padang rumput yang dibajak. Gulma tahunan segera muncul setelah pembajakan. Ini bahkan meliputi jenis yang setiap tahun tidak memproduksi biji pada periode itu. Oleh karena itu, biji tersebut telah dipencarkan ke habitat padang rumput pada waktu yang lebih awal, baik melalui pupuk, oleh angin, maupun agen lainnya.

Observasi, yang menunjukkan bahwa sering kali lebih banyak jenis terdapat dalam suatu habitat ketimbang yang sebenarnya tumbuh pada waktu tertentu, mengungkapkan kehadiran kekuatan selektif. Penyebab untuk seleksi suatu



kombinasi spesifik jenis-jenis yang pada saat itu tumbuh dapat ditemukan sebagian di antara faktor-faktor habitat dan sebagian di antara tumbuhan itu sendiri, yang saling memengaruhi melalui kompetisi dan alelopati.

## 12.4 VEGETASI DAN HABITAT

### 12.4.1 ANALISIS KUALITATIF TENTANG HABITAT

Tujuan penelitian analisis sebab-musabab vegetasi bukan untuk mempelajari reaksi tumbuhan terhadap masing-masing faktor tapak secara tersendiri, melainkan untuk menganalisis reaksi-reaksi mereka terhadap kombinasi semua faktor. Khususnya, penting untuk mengenal faktor-faktor yang terutama mengontrol kombinasi jenis dalam komunitas tumbuhan yang dipelajari

Meskipun demikian, harus ditekankan bahwa suatu pemahaman tentang kebergantungan tumbuhan kepada faktor-faktor tapak secara individual merupakan prasarat untuk suatu evaluasi yang tepat tentang interaksi faktor dan tanggap tumbuhan. Suatu pendekatan rinci untuk analisis faktor individual dan tanggap tumbuhan diberikan oleh Daubenmire (1962) atau di Jerman oleh Walter (1960). Oleh karena itu, di sini kami tidak bermaksud untuk menguraikan aspek ekologi tumbuhan yang lebih mendasar tersebut.

Karena jumlah faktor dan kemungkinan kombinasinya sangat besar, tidak disarankan untuk segera memulai pengukuran faktor-faktor tertentu. Suatu analisis kualitatif kasar seyogianya mendahului setiap analisis kuantitatif, seperti yang dilakukan dalam ilmu kimia sebelum melaksanakan suatu upaya untuk menganalisis suatu senyawa yang belum diketahui. Suatu investigasi pendahuluan semacam itu bermanfaat untuk menghemat waktu dan usaha serta perhatian dapat difokuskan kepada faktor-faktor yang pada awalnya tidak dipertimbangkan.

Dalam suatu perbandingan komunitas gulma di ladang sereal dan ladang sayur yang dibajak, misalnya, telah ditunjukkan bahwa kebergantungan kelompok gulma tertentu kepada penutup tanaman budi dayanya tidak dipengaruhi oleh kehadiran tumbuhan penutupnya sebagai faktor utama. Kombinasi jenis-jenis gulma yang serupa dapat juga dihasilkan tanpa kehadiran salah satu tanaman budi daya tersebut (Ellenberg 1950; 1963; 1974). Hal ini terjadi demikian asalkan tanah diperlakukan dengan cara yang sama dan pada waktu yang sama setiap tahun untuk kedua macam tanaman budi daya tersebut. Namun, kesamaan perlakuan bukan juga alasan satu-satunya. Beberapa gulma khas yang berasosiasi dengan tanaman sayuran yang dibajak, misalnya *Solanum nigrum*

dan *Chenopodium polyspermum*, lebih sensitif terhadap seringnya pembajakan dibandingkan dengan *Matricaria chamomilla*, *Scleranthus annuus*, dan gulma sereal lain. Gulma tanaman sayuran yang dibajak berkembang terbaik jika pembajakan dilakukan hanya sekali asalkan perlakuan tanah ini dilaksanakan pada musim panas atau akhir musim semi. Apabila, di pihak lain, perlakuan pembajakan tunggal dilakukan pada awal musim semi atau akhir musim gugur, hanya gulma-gulma sereal yang berkecambah, selain dari jenis-jenis yang tidak acuh terhadap dan terdapat di bawah tutupan dua tanaman budi daya tersebut. Dengan demikian, yang penting untuk perkecambahan adalah musim, atau lebih tepat, suhu tanah saat itu. Kelembapan yang cukup dari tanah yang mengandung biji diperlukan juga oleh gulma-gulma sereal. Oleh karena itu, dalam hal ini, pengukuran kuantitatif terbaik diterapkan untuk kondisi suhu dan kelembapan perkecambahan. Pada kenyataannya, Lauer (1953) menemukan bahwa hampir semua gulma sereal berkecambah pada suhu dingin dan hampir semua gulma tanaman sayuran pada suhu hangat. Namun, penelitian ini belum mencakup analisis tentang sebab-musabab secara lengkap dari dua komunitas gulma. Ini hanya menggambarkan suatu penjelasan untuk kehadiran dan ketidakhadiran dua kelompok jenis penciri (*characteristic species*).

Contoh-contoh lebih lanjut untuk analisis kualitatif hubungan habitat komunitas tumbuhan diberikan oleh Ellenberg (1963; 1974). Dalam banyak kasus, hubungan tidak sesederhana seperti contoh di atas.

#### **12.4.2 ANALISIS KUANTITATIF TENTANG FAKTOR-FAKTOR HABITAT**

Setelah dilakukan pengenalan faktor-faktor pengendali utama (yaitu faktor-faktor yang dipercaya merupakan faktor penentu), baru diikuti dengan seleksi metode yang cocok untuk pengukurannya. Berbagai metode semacam itu dibahas oleh Walter (1960) dan dalam sebuah pedoman metode lingkungan kuantitatif tentang ekologi-fisiologi tumbuhan yang diterbitkan oleh Steubing (1965).

Sebagaimana telah ditunjukkan oleh pembahasan rinci Braun-Blanquet (1928; 1951), metode yang diterapkan untuk habitat individu-individu tumbuhan pada hakikatnya tidak berbeda dengan yang digunakan untuk komunitas tumbuhan.

## 12.5 HERBIVORI

Teknik kuantitatif untuk menilai efek herbivori biasanya tidak dibahas dalam buku metode ekologi tumbuhan, sekalipun herbivori merupakan sebuah faktor utama yang berperan. Mungkin alasannya adalah bahwa pamarutan dan penggembalaan sering tidak kentara dan sulit dikenali dalam komunitas alami. Suatu teknik yang dapat diterapkan secara luas dalam studi herbivori adalah percobaan kurungan atau eksklosur (*exclosure*), yaitu pemagaran untuk mencegah binatang masuk. Sebagai contoh, dengan teknik ini telah didemonstrasikan bahwa kambing meliar (*feral goat*) di Hawaii berpengaruh kuat terhadap pola sebaran pohon *Acacia koa* (koa) dalam ekosistem **lahan taman** (*parkland*) pegunungan di Mauna Loa (Spatz & Mueller-Dombois 1973). Pemakanan terubus-terubus (*suckers*) kecil koa yang menerna menyebabkan pertunasan kembali melimpah pada akar-akar pohon dewasa. Ketika tekanan kambing dihilangkan secara lokal dengan waktu cukup lama bagi terubus-terubus untuk tumbuh sampai tajuknya berada di atas paras pamarutan (*browsing level*) kambing (setinggi  $\geq 2$  m), terubus-terubus tersebut berkembang menjadi koloni pohon yang rapat. Tetapi, jika kambing memarut sehingga terbentuk gelang (*girdled*) pada batang terubus koa sebesar belta (tinggi 0,5–2,0 m), terubus-terubus tersebut tidak bertunas kembali dan kemudian mati. Kegiatan kambing seperti itu mencegah pertumbuhan hutan yang menerus dan mengakibatkan pembentukan pulau-pulau pohon dalam ekosistem lahan taman. Meskipun sangat jarang terjadi, kebakaran merupakan faktor lain (Mueller-Dombois & Lamoureux 1967). Efek pamarutan oleh kambing telah dievaluasi secara kuantitatif dengan beberapa analisis struktur populasi seperti telah dipertelakan dalam Bab 7.3.1. Hal serupa, dengan bantuan kurungan, efek pamarutan oleh kambing terhadap sebuah komunitas rumput tropik pamah di Hawaii telah dievaluasi juga (Mueller-Dombois & Spatz 1972). Di sini kambing memiliki suatu pengaruh yang mengendalikan komposisi jenis. Penghilangan tekanan kambing terhadap lahan yang dikurung mengakibatkan penggantian yang sangat cepat rumput semusin (*Eragrostis tenella*) oleh rumput-rumput menandan perenial (*Rhynchelytrum repens*, *Sporobolus africanus*, *Heteropogon contortus*, dan lain lain). Setelah 18 bulan, kamefit berkayu (*Waltheria americana*, *Cassia leschenaultiana*, *Indigofera fruticosa*) dan satu tumbuhan merambat menerna endemik (*Canavalia kauensis*) tumbuh mantap sekali. Tumbuhan merambat menutup 50% dari lahan kurungan seluas 7 x 100 m. Sangat mengejutkan bahwa tumbuhan merambat tersebut adalah sebuah jenis endemik baru, yang belum pernah dipertelakan di Hawaii (St. John 1972).

Sebab-musabab dalam penggantian jenis tumbuhan setelah tekanan kambing dihilangkan terkait dengan strategi adaptif berbagai bentuk-hidup yang terlibat rumput-rumput semusim dan rumput merayap perenial (dalam hal ini *Cynodon dactylon* dan *Chrysopogon aciculatus*) teradaptasi terhadap gangguan mekanis yang berupa pangkasan, sobekan, dan injakan yang sering terjadi berulang-ulang. Rumput semusim (*Eragrostis tenella*) menanggapi gangguan mekanis tersebut dengan tumbuh cepat mencapai kematangan dalam beberapa minggu di bawah kondisi kelembapan tanah yang baik untuk sementara yang diikuti oleh produksi biji yang melimpah. Digabungkan dengan kemampuan tinggi untuk hidup terus sebagai biji pada musim kering dan perkecambahan yang cepat ketika kelembapan kembali menjadi baik, menjamin keberhasilannya di bawah tekanan penggembalaan yang tinggi. Segera setelah tekanan dihilangkan, sifat-sifat tersebut tidak lagi memadai. Alih-alih, jenis kelompok rumput menandan perenial yang dapat tumbuh mengungguli biomassa tumbuhan semusim dan tumbuhan perenial merayap, menemukan kondisi yang lebih cocok. Pada gilirannya, keberhasilan tumbuhan merambat asli disebabkan oleh kapasitasnya untuk tumbuh mengungguli rumput-rumput menandan dan sebagian kamefit berkayu. Untuk evaluasi kuantitatif variasi-variasi di luar dan di dalam kurungan digunakan metode analisis vegetasi sebagaimana dipertelakan dalam Bab 5 dan 6.

Kurungan bukan satu-satunya cara untuk mempelajari pengaruh hewan terhadap vegetasi. Pengaruh hewan dapat juga dievaluasi melalui manifestasi aktivitas hewan. Sebagai contoh, distorsi tajuk oleh gajah (Mueller-Dombois 1972) dievaluasi dengan suatu survei kuantitatif untuk menilai kerusakan-kerusakan tajuk dan menggunakan teknik petak kuantitatif (Bab 7.3). Ditemukan bahwa struktur vegetasi berkayu tertentu (semak-tinggi meranggas dengan pohon-pohon mencuat malar hijau yang terpencah dan hutan-semak *Feronia limonia* pada tanah grumusol) sangat dipengaruhi pemakanan berulang oleh gajah pada masa lalu (seperti ditunjukkan oleh distorsi tajuk), sementara hutan musim pendek malar hijau (klimaks) memperlihatkan sedikit aktivitas makan dan karena itu menunjukkan pamarutan oleh gajah merupakan cara makan yang disukai.

## 12.6 KOMPETISI

Pengukuran faktor habitat terpenting dan korelasinya terhadap tanggap tumbuhan hanya merupakan awal investigasi analisis penuh tentang sebab-musabab. Masalah yang sebenarnya mulai pada titik ini, karena kita mengetahui

hanya awal dan akhir rantai sebab-musabab, yang berjalan dari kombinasi tertentu faktor-faktor habitat hingga ke komunitas tumbuhan sekarang.

Sebagai langkah berikutnya, kita perlu menelaah alasan-alasan tentang kombinasi jenis sekarang dalam komunitas, sebab biasanya banyak jenis lain dapat juga mencapai habitat tersebut dan kebanyakan dari jenis-jenis ini berpotensi untuk tumbuh di atas habitat tersebut. Pertanyaan ini tidak dapat dijawab secara sederhana dan umum sebagaimana sering dilakukan.

### 12.6.1 TANGGAP FISILOGI DAN EKOLOGI

Kebanyakan komunitas mengandung tetumbuhan yang tumbuh jauh lebih baik dalam kondisi ditanam (seperti dalam kebun botani) dibandingkan dengan di habitat alaminya. Oleh karena itu, tumbuh-tumbuhan lazimnya tidak memperoleh pasokan fisiologi secara optimum tentang sumber daya lingkungan di habitat alaminya. Meskipun demikian, kinerja pada habitat alami ini mungkin yang terbaik dalam kisaran sebaran alami mereka secara keseluruhan.

Alasan untuk hal tersebut adalah kompetisi tumbuhan. Tetumbuhan dengan pertumbuhan rendah dan lambat umumnya tergeser dari habitat yang secara fisiologi optimum, sebab tetumbuhan lain dengan laju pertumbuhan lebih cepat dan perkembangan tingginya lebih besar mungkin juga menemukan kondisi optimum mereka pada habitat yang sama.

Cajander (1925) menaruh perhatian terhadap hubungan ini dengan menyebutkan contoh pinus. *Pinus sylvestris*, ketika dilindungi oleh rimbawan dari persaingan jenis-jenis pohon, mencapai biomassa dan produksi biji yang optimum pada tanah pasir berlempung dan lempung berpasir yang dalam, segar, dan agak asam. Meskipun demikian, sebagai jenis pionir, jenis tersebut terdorong ke luar dalam proses kompetisi alami pada tanah subur semacam itu oleh jenis toleran terhadap naungan, khususnya oleh *spruce* (*Picea* spp.) dan *beech* (*Fagus* spp.). Dalam lanskap alami, pinus dapat mempertahankan posisinya hanya pada tanah ekstrem atau miskin, di mana jenis ini unggul karena toleransinya terhadap kondisi habitat miskin. Sebagai contoh, pinus terdapat pada tanah-tanah sangat kering dan asam, seperti yang terbentuk pada bukit pasir bersilika. Jenis ini terdapat juga pada tanah batu gamping, yang sama-sama sangat kering, tetapi yang memiliki reaksi basa. Namun, di Eropa jenis pinus yang sama tumbuh dominan juga pada habitat yang sangat basah jika habitat ini asam dan miskin hara dan bahkan di rawa-rawa tertentu. Tidaklah benar sebaran ini diinterpretasikan sebagai suatu

**kesukaan** atau **preferensi** (*preference*) pinus terhadap habitat semacam itu. Pinus mampu untuk tumbuh di bawah kondisi ekstrem tersebut karena memiliki suatu toleransi atau amplitudo ekologi yang lebih besar dalam segi kelembapan, pH tanah, nitrogen tanah dibandingkan dengan kebanyakan pohon hutan lainnya, tetapi jenis ini sebenarnya tidak “menyukai” kondisi tersebut.

Sejak observasi Cajander, sebuah tanggap yang sama telah diamati untuk sejumlah tumbuhan lain. Bukti eksperimen pertama diberikan oleh percobaan kompetisi De Vries (1934) dan Ellenberg (1953). Ellenberg menunjukkan bahwa pertanaman campuran dua jenis cukup untuk dapat mengalihkan optimum fisiologinya dengan cara serupa seperti dalam kondisi alaminya.

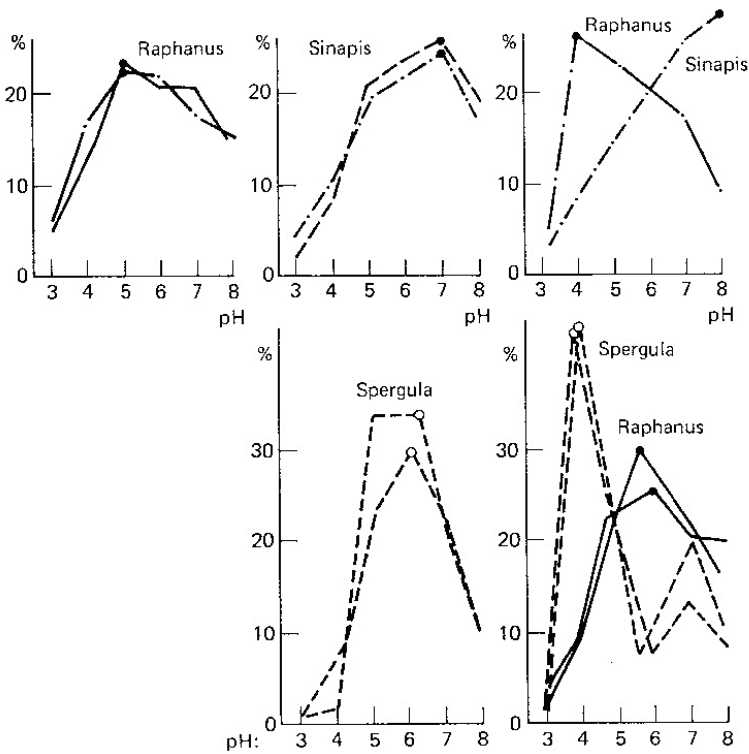
Seperi ditunjukkan dalam Gambar 12.1, pH optimum *Synapsis arvensis* dan *Raphanus raphanistrum* berdekatan bila masing-masing jenis ditumbuhkan secara monokultur. Dalam penanaman campuran dua jenis tersebut menekan satu sama lain menjauhi optimum fisiologinya. *Raphanus* kemudian menunjukkan produksi bahan kering terbesar pada pH 4 dan *Sinapsis* pada suatu reaksi basa. *Spergula arvensis* sepenuhnya digeser dari optimumnya oleh kompetitor yang lebih kuat *Raphanus*. Keduanya memiliki optimum yang sama bila ditumbuhkan sendiri-sendiri. Dalam kompetisi, perkembangan terbaik *Spergula* hanya terjadi pada tanah yang amat asam, dengan kebutuhan cahaya terpenuhi. Di alam, dalam kenyataannya gulma ini sama-sama tersebar di lahan tanaman pertanian. Contoh-contoh lebih jauh telah ditinjau oleh Ellenberg (1954; 1963; 1974) dan Knapp (1954; 1971).

Suatu contoh sangat mengesankan tentang pengaruh pesaing-pesaing berbeda terhadap amplitudo pH jenis tumbuhan yang sama dapat dilihat dari data Olsen (1923), namun ia tidak memberikan interpretasinya. Olsen, dalam investigasinya yang klasik ini, menentukan nilai pH berbagai habitat komunitas tumbuhan berbeda, di mana selalu terdapat jenis yang sama. Dia juga menanam jenis ini tanpa kompetitor pada tanah yang sama sebagaimana dijumpai pada habitat alami. Kesimpulan yang umumnya dikutip dari percobaan ini adalah bahwa tanggap tetumbuhan di alam akan serupa dengan pertanaman di pot dengan nilai pH berbeda adalah tidak benar.

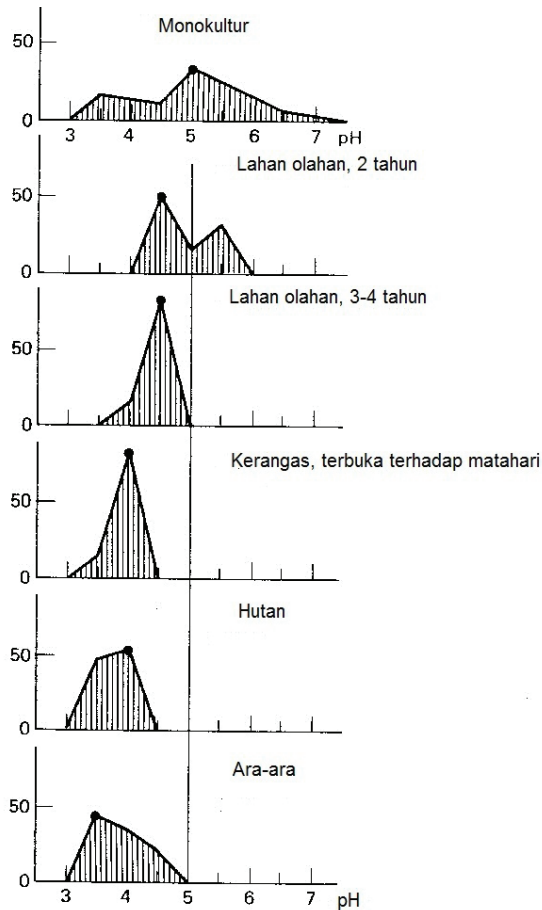
Amplitudo pH *Avenella (Dechampsia) flexuosa*, yang diteliti dengan mendalam oleh Olsen, jauh lebih lebar dalam monokultur ketimbang di bawah kondisi alami (Gambar 12.2). Secara fisiologi pH optimum jenis ini mendekati 5. Oleh karena itu, optimum pada daerah asam, namun tidak dalam kisaran asam yang

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

ekstrem. Pada lahan ditebas *Avenella* memiliki lebar amplitudo yang jauh lebih sempit dan optimumnya masih dalam kisaran lebih asam. Pengalihan optimum ini lebih nyata pada daerah tebasan lebih tua yang mengandung lebih banyak kompetitor dibandingkan dengan pada lahan yang baru ditebas dengan tumbuhan yang kurang rapat. Optimum *Avenella* masih teralihkan lebih jauh ke kisaran pH asam, bila tumbuhan tersebut terdapat pada komunitas kerangas. Suatu optimum serupa ditemukan pada tanah hutan atau bahkan padang rumput yang relatif rapat dan tinggi, di mana *Avenella* harus bersaing dengan banyak jenis menahun. Dengan demikian, *Avenella* menjadi sebuah indikator khas kebanyakan tanah humus mentah dan asam, terutama disebabkan oleh kehadiran berbagai pesaing.



**Gambar 12.1** Monokultur dan kultur campuran dalam kaitannya dengan landaian pH tanah. Di atas: monokultur *Raphanus raphanistrum* dan *Sinapsis arvensis* (masing-masing 2 ulangan) dan kultur campuran dua jenis tersebut. Di bawah: monokultur *Spergula arvensis* dan kultur campuran *Spergula* dan *Raphanus* dengan ulangan dalam masing-masing kasus. Nilai sumbu Y dinyatakan dengan persen biomassa untuk masing-masing jenis.



**Gambar 12.2** Kurva optimum *Avenella* (= *Deschampsia*) *flexuosa* dalam hubungannya dengan pH tanah dalam zona perakaran - dalam monokultur dan dalam berbagai komunitas tumbuhan berbeda (Berdasarkan data Olsen 1923)

Ellenberg (1953) menyarankan untuk membedakan tanggap suatu jenis dalam kultur atau monokultur sebagai **tanggap fisiologi** (*physiological response*) dan membandingkannya dengan **tanggap ekologi** (*ecological response*), yakni tanggapnya di bawah kondisi alami termasuk kompetisi dengan jenis lain. Kultur campuran memperlihatkan suatu tanggap yang sering mendekati tanggap ekologi seperti pengamatan di lapangan.

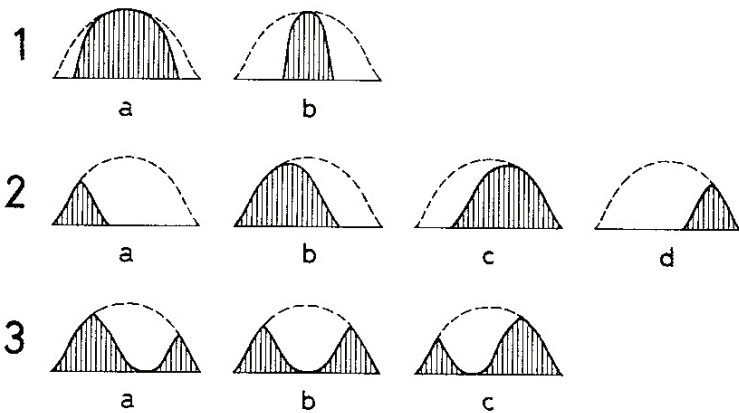


Kita boleh berdebat bahwa tumbuhan harus senantiasa memperlihatkan suatu tanggap fisiologi, tanpa mempertimbangkan lingkungan pertumbuhan mereka. Dalam kasus pertama, tanggap fisiologi mereka tidak dipengaruhi jenis tumbuhan lain. Dalam kasus kedua, tanggap fisiologi mereka dipengaruhi oleh campur tangan jenis tumbuhan lain. Dengan demikian, kita dapat membedakan antara **tanggap individualistik** (*individualistic response*) atau tanggap fisiologi dan **tanggap sosiologi** (*sociological response*) atau tanggap ekologi untuk menunjukkan perbedaan antara dua perilaku. Namun, suatu butir penting adalah bahwa dua tanggap yang berbeda tersebut sangat penting dalam sebab-musabab ekologi. Gagasan ini sangat mirip dengan konsep yang banyak digunakan dalam **genetika ekologi** (*ecological genetics*) tentang **relung dasar** (*fundamental niche*) dan **relung terealisasi** (*realized niche*) (Miller 1967). Yang kedua dapat disamakan dengan tanggap ekologi atau tanggap sosiologi.

Dalam hubungan ini, kita dapat menegaskan bahwa tanggap ekologi atau sosiologi jenis yang sama, dan bahkan ekotipe yang sama, tidak dapat dianggap suatu tanggap yang konstan. Tanggap ekologi tidak bergantung hanya kepada **susunan** (*constitution*) jenis itu sendiri, tetapi juga kepada susunan pesaing-pesaingnya. Bila pesaing utama di daerah yang berlainan dalam kisaran sebaran suatu jenis berbeda, maka tanggap sosiologi dan ekologinya akan berbeda juga.

Dalam berbagai penyelidikan terdahulu mengenai penentuan tanggap ekologi dan fisiologi suatu jenis, ditemukan bahwa tanggap-tanggap tersebut jarang yang identik. Dalam hal suatu landaian faktor tertentu, kita dapat membedakan tanggap-tanggap berikut (secara skematis ditunjukkan dalam Gambar 12.3; semua contoh merujuk kepada pH tanah dan Eropa Tengah):

1. **Optimum fisiologi dan optimum ekologi bertepatan.**
  - a. Amplitudo ekologi hanya agak lebih terbatas (misalnya *Fagus sylvatica*).
  - b. Amplitudo ekologi sangat terbatas di kedua sisi (sebagai contoh *Senecio sylvaticus*).
2. **Optimum ekologi didesak ke satu sisi dalam kaitan dengan optimum fisiologi.**
  - a. Amat mendekati ujung ekstrem-rendah amplitudo fisiologi (*Avenella flexuosa* dan *Spergula arvensis*).
  - b. Hanya sedikit di daerah ujung amplitudo fisiologi ekstrem-rendah (misalnya *Alopecurus pratensis* dan *Raphanus raphanistrum*)
  - c. Hanya sedikit di daerah ujung amplitudo fisiologi ekstrem-tinggi (misalnya *Arrhenatherum elatius* dan *Sinapis arvensis*).



**Gambar 12.3** Penyajian skematis tipe-tipe tanggap ekologi dalam hubungannya dengan sebuah landaian faktor tertentu. Kurva optimum fisiologi digambar dengan garis putus dan optimum ekologi dengan garis penuh. Kurva optimum ekologi menunjukkan tanggap sebuah jenis di bawah persaingan. Nilai-nilai sumbu Y dinyatakan dalam persentase biomassa. Penjelasan lebih lanjut ada dalam teks.

- d. Sangat mendekati ujung amplitudo fisiologi ekstrem-tinggi (misalnya *Tussilago farfara*).
- 3. **Dua optimum ekologi ditemukan dekat dua fisiologi ekstrem.**
  - a. Optimum ekologi dekat fisiologi ekstrem-rendah lebih tegas (misalnya *Festuca rubra* var. *fallax*).
  - b. Dua optimum ekologi diperkirakan lebih kurang sama (misalnya *Pinus sylvestris*).
  - c. Optimum ekologi dekat fisiologi ekstrem-tinggi lebih tegas (misalnya *Convallaria majalis*, *Legousia speculum-veneris*).

Jenis yang sama dapat memperlihatkan suatu tipe tanggap ekologi yang sangat berbeda terhadap landaian faktor-faktor berbeda. Sebagai contoh, *Bromus erectus*, *Briza media*, dan *Arrhenatherum elatius* termasuk kelompok berikut menurut skema di atas:

LANDAIAN FAKTOR	pH	AIR	NITROGEN
<i>Bromus erectus</i>	2 d	3a	2a
<i>Briza media</i>	3c	3b	2a
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2c	3c	2c

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

Untuk alasan tersebut, seyogianya kita tidak membandingkan tanggap ekologi dan fisiologi dengan kompleks faktor habitat total, tetapi hanya dengan faktor-landaian tunggal.

Banyaknya tanggap tumbuhan diperbesar lebih lanjut oleh suatu fakta bahwa jenis yang berbeda dapat mempunyai bentuk kurva optimum fisiologi yang berbeda pula. Pada beberapa jenis, kurva memiliki suatu amplitudo yang sangat sempit atau sangat lebar, dan puncak kurva dapat bergeser ke salah satu ekstrem. Ini, sebagai contoh, hampir selalu benar dalam kasus landaian nitrogen. Karena itu, dalam membandingkan optimum ekologi dengan fisiologi, kita harus selalu mengaitkan bentuk kurva optimum sebenarnya sebagaimana diperoleh dari pertumbuhan dalam monokultur dengan kondisi lingkungan yang sama.

Perbandingan semacam itu dipersulit oleh suatu kenyataan bahwa monokultur mungkin berakhir dengan hasil-hasil yang berbeda, bergantung kepada keadaan bagaimana monokultur tersebut dilaksanakan. Semakin banyak kondisi tersebut berbeda dengan keadaan alami, perbandingan semakin kurang dapat dipercaya. Karena itu, kultur dalam larutan hara tidak bermanfaat untuk tujuan ini. Kultur-kultur dalam pot di tempat terbuka atau percobaan lapangan lebih disarankan. Di sini, persyaratan bukan untuk mempertahankan semua faktor lain konstan, kecuali satu faktor yang diselidiki yang konstan. Lebih baik, persyaratan yang diterapkan adalah bahwa jenis tumbuhan yang diteliti ditumbuhkan di bawah kondisi lingkungan yang sama, baik dalam monokultur maupun kultur campuran.

Suatu komplikasi lebih lanjut adalah kenyataan bahwa kebanyakan jenis dengan sebaran luas terdiri atas lebih dari satu ekotipe (Hiesey, Nobs & Bjorkman 1971). Ini berarti bahwa segmen-segmen berbeda dari populasi jenis yang sama mungkin mengembangkan persyaratan fisiologi dan adaptasi yang berbeda. Dengan demikian, penting bagi kita untuk tidak menganggap suatu jenis dengan kisaran sebarannya yang luas sebagai suatu entitas dengan tanggap fisiologi yang sama. Oleh karena itu, untuk interpretasi yang sah tentang eksperimen sebab-musabab pembentukan komunitas, jenis yang diuji harus berasal dari sumber biji lokal yang sama atau dari material yang dihasilkan secara vegetatif.

Parameter tumbuhan yang digunakan untuk perbandingan perkembangan tumbuhan yang dibahas di atas, dalam setiap kasus, adalah panen [bobot kering taruk (*shoot*)] yang dihasilkan dalam suatu periode vegetasi. Parameter ini lebih indikatif ketimbang suatu pengukuran penutup atau tinggi tumbuhan, ukuran daun, atau parameter lain yang dapat diukur dan dapat diperoleh tanpa

mengganggu tumbuhan. Namun, dalam hal tumbuhan perenial, menelaah tanggap tumbuhan selama beberapa tahun sering lebih penting dibandingkan dengan memperoleh angka panen yang pasti.

Dalam hal tumbuhan semusim, produksi biji sering lebih penting dalam kompetisi ketimbang kapasitas pertumbuhan individu mereka. Oleh karena itu, percobaan lapangan dengan tumbuhan semusim seyogianya dilakukan untuk beberapa tahun, bila mungkin, untuk menilai keberhasilan reproduksi mereka selama periode waktu yang panjang. Sebagai contoh, De Vries (1934) menaburkan beberapa jenis gulma dalam baris-baris paralel memotong persemaian yang mewakili tingkat landaian pH yang berbeda. Pada tahun pertama, jenis-jenis tersebut belum memperlihatkan interaksi apa pun dan mereka berkembang hampir sama baik di semua persemaian di seluruh landaian pH. Dalam tahun-tahun berikutnya, *Stellaria media* tumbuh lebih rapat pada tempat yang kurang asam dan bahkan tersebar memotong baris, sedangkan di tempat yang sangat asam, *Rumex acetosella* dan jenis-jenis lain, yang dikenal sebagai “indikator asam”, lebih berhasil ketimbang *Stellaria media*.

Ini dapat dimengerti mengingat kesulitan-kesulitan dan waktu yang diperlukan relatif panjang untuk penelitian eksperimental, maka sampai saat ini hanya sedikit tumbuhan yang dapat dikelompokkan ke dalam kelompok kompetisi seperti diuraikan di atas. Masih banyak pekerjaan yang harus dilakukan dalam penelitian analisis sebab-musabab vegetasi.

Suatu pengertian umum sudah tentu dapat dianggap sebagai kepastian, tetapi kita harus sangat berhati-hati dengan suatu karakterisasi persyaratan fisiologi jenis-jenis atau ekotipe-ekotipe tertentu dari pengamatan lapangan. Tentu saja kita tidak dapat menyimpulkan bahwa suatu jenis adalah asidofili hanya berdasarkan kenyataan bahwa jenis tersebut tumbuh dominan atau eksklusif pada tanah asam. Ini hanya benar jika jenis tersebut termasuk tipe 1*a* dan 1*b*. Kebanyakan “indikator pH rendah” termasuk tipe 2*a*, 2*b*, atau 3*a*. Oleh karena itu, dalam kasus semacam itu, lebih baik kita hanya berkata tentang jenis-jenis yang toleran terhadap tanah asam. Persoalan yang serupa terjadi dalam berbagai konsep, seperti **nitrofil** (*nitrophilous*), **xerofil** (*xerophilous*), atau **hidrofil** (*hydrophilous*). Sebagai contoh, sejauh ini belum pernah ditemukan tumbuhan yang benar-benar xerofili. Semua jenis yang tumbuh tanpa pesaing berkembang baik pada tanah dengan rezim kelembapan sedang (lihat Ellenberg 1963; 1974). Dalam tinjauan pustaka tentang halofit, Barbour (1970) sampai pada kesimpulan serupa. Dia menyatakan bahwa dalam semua kasus yang diteliti sejauh ini tidak

ditemukan bukti untuk **halofit obligat** (*obligatory halophyte*), yakni tumbuhan **halofili** (*halophilous*), dan alih-alih kita dapat merujuk beberapa tumbuhan yang hidup pada tanah asin sebagai **halofit fakultatif** (*facultative halophyte*).

Dalam kawasan floristik dan komunitas utama yang berbeda, mungkin menarik untuk menentukan proporsi tumbuhan yang memperlihatkan adaptasi fisiologi yang khusus (yakni, preferensi sesungguhnya) dalam arti penambatan genetika terhadap habitat alami mereka. Bilamana proporsi anggota-anggota komunitas semacam itu tinggi, kita barangkali dapat berbicara tentang suatu evolusi keseimbangan jenis seperti diusulkan oleh Wilson (lihat Bab 13.5.4).

### 12.6.2 MEKANISME DALAM KOMPETISI

Mekanisme apa yang dimiliki tumbuhan supaya berhasil dalam kompetisi? Pertanyaan ini juga termasuk ke dalam bidang analisis sebab-musabab, karena ini menyangkut alasan untuk fenomena pengelompokan tumbuhan di alam. Tidak diragukan bahwa dalam banyak kasus mekanisme tersebut terkait dengan modifikasi lingkungan oleh satu tumbuhan yang memengaruhi tumbuhan lain. Keberhasilan kompetitor mengambil cahaya lebih banyak, air, dan hara makro ataupun mikro dari lingkungan setempat merugikan tumbuhan sejawat, atau tumbuhan tersebut mungkin memengaruhi faktor-faktor lingkungan penting lainnya. Bahkan hanya pengisian tempat tumbuh dapat memainkan peran penting tertentu.

Sebagai contoh, pendudukan suatu ruang sehabis gangguan tanah dapat menyediakan suatu keunggulan kompetitif untuk suatu jenis dengan kemampuan perbanyakannya yang superior. Kasus seperti itu terjadi dengan rumput Eropa *Holcus lanatus*, yang perluasannya dalam padang rumput alami *Deschampsia australis* di Mauna Loa, Hawaii, dipermudah oleh kegiatan kambing liar yang merusak tanah (Spatz & Mueller-Dombois 1972). Hal yang sama terlihat pula pada rumput eksotik yang memasuki komunitas rumput asli *Argopyron spicatum*, di kawasan Antar Pegunungan di Barat Laut Pasifik, Amerika Utara. Masuknya *Bromus tectorum* disebabkan oleh keunggulan kompetitif jenis tersebut yang diperoleh dari berbagai bentuk gangguan tanah (Harris 1967).

Pada semai yang berkecambah dalam waktu yang sama, keuntungan awal mungkin menjadi suatu keunggulan yang kekal dalam pertumbuhan. Tumbuhan yang bertetangga menjadi sedikit ternaungi dan hanya menghasilkan panen sedikit. Akibatnya, superioritas kompetitor yang unggul terus meningkat.

## Penyelidikan Analitis Sebab-Musabab tentang Asal Komunitas Tumbuhan

Tumbuhan yang telah mapan hanya dapat dikalahkan oleh kompetitor yang mampu tumbuh dalam naungan atau dapat tumbuh secara lebih cepat dan menjulang tinggi menembus bukaan kanopi atau mereka lebih kompetitif karena berbagai alasan lain.

Secara umum, kemampuan bersaing suatu jenis bergantung kepada potensi genetika yang ditunjukkan dalam struktur morfologi dan persyaratan fisiologinya. Sifat-sifat berikut dapat dianggap sangat penting. Masing-masing sifat tersebut dapat sangat menentukan bila karakter lain sama:

1. *Struktur morfologi* (sebagian besar dinyatakan dalam bentuk-hidup, lihat Bab 8.2.)
  - a. Tingkat perkecambahan dan pertumbuhan di awal perkembangan.
  - b. Ritme ontogenetika (lamanya fotosintesis). Jenis dengan ritme sama merupakan pesaing kuat, jenis dengan ritme berbeda lebih kurang “saling mengimbangi”.
  - c. Ketinggian (*height*). Ketinggian akhir, menurut Boysen-Jensen (1949), merupakan sifat terpenting dalam perjuangan bersaing. Tahap akhir dalam perkembangan vegetasi biasanya ditandai dengan tumbuhan tertinggi. Tumbuhan lebih kecil dapat berhasil hanya jika mereka dapat tumbuh di bawah naungan tumbuhan yang lebih tinggi.
  - d. Umur panjang. Tumbuhan berumur panjang berhasil karena “kemampuannya yang kekal” (lihat Knapp & Knapp 1954).
  - e. Sistem perakaran. Terutama kerapatan, kedalaman, dan morfologi akar menyerap air dan hara.
  - f. Mekanisme reproduksi. Reproduksi dari biji menyokong migrasi ke dalam komunitas lain, sedangkan reproduksi vegetatif lebih cocok untuk memelihara dan pembesaran suatu posisi pertumbuhan yang sudah mantap. Perluasan tumbuhan terna secara vegetatif dengan pola pertumbuhan yang rapat dan tertutup berhasil karena **penghilangan lateral** (*lateral exclusion*) (misalnya *Arrhenatherum*, *Dactylis*, lihat Knapp 1954; 1967), tumbuhan dengan pola tumbuh lepas atau terbuka berhasil karena “penetrasi” (misalnya, *Phragmites*, *Ranunculus repens*).
  - g. Kapasitas regeneratif sistem perakaran. Ini terutama penting setelah tertekan sementara (misalnya *Melica uniflora* dalam vegetasi yang dipotong) dan pada gangguan mekanis (oleh pembalakan, kebakaran, pembajakan, penggembalaan, injakan, dsb.)

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

2. *Persyaratan fisiologi*, yakni kebutuhan atas kuantitas dan kombinasi tertentu sumber daya lingkungan dan tanggap terhadap sumber daya ini. Sifat-sifat terpenting adalah:
  - a. Kebutuhan cahaya
  - b. Kebutuhan panas
  - c. Kebutuhan air
  - d. Kebutuhan hara dan tanggap terhadap pengaruh kimia lainnya.
  - e. Tanggap terhadap pengaruh mekanis.

Karena kapasitas bersaing suatu jenis bervariasi sesuai dengan faktor habitat, sifat tersebut bukan merupakan suatu sifat jenis yang konstan. Dengan demikian, kapasitas bersaing tidak dapat ditentukan melalui kualitas tumbuhan saja, tetapi juga harus dikaitkan dengan suatu lingkungan spesifik dan komunitas. Oleh karena itu, eksperimen dan percobaan lapangan untuk menentukan kemampuan bersaing suatu jenis, seperti dilakukan misalnya oleh Caputa (1948) dan yang lain, hanya dapat diterapkan untuk kondisi eksperimen tempat pengujian dibuat.

Sebagai contoh, panen relatif jenis-jenis rumput yang berasosiasi dengan *Arrhenatherum elatius* sangat berbeda pada kedalaman permukaan air tanah yang berbeda (Ellenberg 1954):

	Panen Relatif dalam persen		
	Kedalaman ke permukaan air tanah		
	140 cm	80 cm	5 cm
<i>Arrhenatherum elatius</i>	100	100	100
<i>Alopecurus pratensis</i>	18	15	1430
<i>Dactylis glomerata</i>	15	27	960
<i>Festuca pratensis</i>	12	21	485
<i>Poa palustris</i>	4	11	1125

### 12.6.3 PERAN PENTING BENTUK-HIDUP DALAM KOMPETISI SPASIAL

Pergeseran spasial jenis-jenis optimum sepanjang landaian lingkungan tampaknya sebagian besar merupakan suatu fungsi kesamaan bentuk-hidup jenis yang bersaing.

Ellenberg (1954) menggunakan lereng buatan dengan permukaan air tanah yang dikontrol untuk memperoleh suatu landaian habitat dari kering hingga basah (lihat juga Walter 1971). Di antara sejumlah tumbuhan, Ellenberg menguji pada lereng tersebut perilaku tiga jenis rumput yang dalam keadaan alami terkait dengan tanah daerah kering (*Bromus erectus*), tanah daerah basah (*Alopecurus pratensis*), dan tanah daerah antara (*Arrhenatherum elatius*). Pertumbuhan jenis-

jenis yang dicampur menghasilkan suatu pemilahan jenis-jenis optimum serupa dengan yang diperoleh dalam kondisi alami.

Mueller-Dombois & Sims (1966) memperoleh suatu hasil yang pada pandangan pertama tampak berbeda, namun dalam pengamatan lebih mendalam hasil tersebut mendukung penemuan Ellenberg. Mereka menggunakan model percobaan serupa dan tiga rumput yang memperlihatkan perilaku ekologi serupa di Manitoba Tenggara. Jenis-jenis tersebut adalah *Koeleria cristata*, suatu rumput daerah kering; *Calamagrostis canadensis*, rumput daerah basah; dan *Andropogon gerardi*, sejenis rumput prairi yang tidak acuh terhadap rezim kelembapan tanah pada lokasi berpasir terbuka. Pergeseran-pergeseran nilai optimum yang diharapkan tidak terjadi selama 13 bulan percobaan ini dilakukan. Kehadiran tiga jenis tersebut berkisar dari tempat kering ke tempat basah pada kedua lereng tanah yang digunakan dalam eksperimen dan panen tertinggi diperoleh di bagian tengah.

Ketika eksperimen dibongkar, dari struktur perakaran tampak jelas bahwa selama eksperimen ketiga jenis tersebut tidak bersaing satu sama lain. Akar *Calamagrostis canadensis* berkembang rapat ke arah lateral, tetapi dangkal di bawah permukaan tanah. *Koeleria cristata* membentuk perakaran berserabut yang dalam dan di mana-mana membuat kontak dengan air tanah. *Andropogon gerardi* membentuk akar-akar tunggang tunggal yang mencapai pinggiran kapiler, tetapi tidak sampai ke permukaan air tanah.

Eksperimen tersebut dilakukan dalam rumah kaca dengan penyiraman permukaan artifisial. Dengan demikian, *Calamagrostis canadensis* dipertahankan hidup karena penyiraman berulang. Namun, sebaliknya dari kedua jenis rumput yang lain, akar jenis tersebut tidak tumbuh ke bawah sampai ke air tanah. Karena itu, setiap jenis menempati relung berbeda di bawah tanah. Suatu pemisahan struktural serupa ditunjukkan oleh sistem taruk mereka. *Koeleria cristata* hadir sebagai sebuah tandan rumput sespitos. *Andropogon gerardi* menghasilkan kurang lebih batang tunggal, tegak lurus dengan daun lateral. *Calamagrostis canadensis* tumbuh kusut sebagai rumput bertaruk pendek dengan batang yang hanya kadang-kadang tumbuh tegak pada bagian tangki percobaan yang lebih basah.

Sebagaimana tiga jenis yang digunakan Ellenberg, ketiga jenis tersebut adalah rumput perenial. Namun, ketiga rumput Eropa tersebut semuanya termasuk ke dalam rumput sespitos berakar dalam sehingga mereka secara morfologi serupa.

Satu-satunya persaingan signifikan yang dihasilkan dalam percobaan di Canada terjadi dalam *Calamagrostis canadensis* itu sendiri. Jenis ini menunjukkan kurva kerapatan bi-modal pada masing-masing dua lereng artifisial. Puncak



kerapatan dijumpai pada bagian basah dan kering setiap tangki, dengan jumlah individu terendah terjadi di bagian tengah. Bagian tengah mempunyai persediaan air paling baik, sebab zona perakaran dipertahankan dekat kapasitas lapangan sepanjang percobaan. Ini tampaknya merupakan area persaingan intra-spesifik terbesar yang mengakibatkan suatu penurunan jumlah individu per unit area yang terkait dengan suatu peningkatan hasil panen. Kecenderungan ini didukung lebih lanjut oleh suatu fakta bahwa jumlah individu *Calamagrostis* jauh lebih tinggi pada tanah berpasir yang miskin jika dibandingkan dengan pasir berlempung yang kaya akan hara. Hasil panen lebih tinggi pada tanah yang lebih kaya.

Individu-individu *Calamagrostis* bersaing keras satu sama lain karena mereka tumbuh berdekatan di setiap tangki dan mengambil sumber daya lingkungan mereka (dalam hal ini, air tanah dan hara) dari bagian permukaan tanah sempit yang sama sebagaimana ditunjukkan oleh struktur akar mereka.

Tentu saja, secara morfologi individu-individu satu jenis sangat mirip. Mereka dipaksa untuk memanfaatkan segmen atau porsi habitat yang sama (**relung spesifik**) sumber daya lingkungan tersedia pada suatu lokasi. Sebagai individu, mereka pesaing spasial yang terkuat.

Pesaing terkuat berikutnya adalah jenis yang sangat mirip dalam struktur morfologinya. Ini akan berlaku untuk jenis dengan bentuk-hidup yang sama. Struktur anatomi dan kebutuhan fisiologi sering terkait erat dengan struktur morfologi. Rumput-rumput perenial sudah pasti merupakan satu kelompok bentuk-hidup sendiri. Tetapi, dalam kelompok rumput perenial, kita dapat membedakan beberapa bentuk-hidup lebih khusus, seperti rumput **berimpang** (*rhizomatous*), **berselantar** (*stoloniferous*), **sespitos sempit** (*narrow caespitose*), dan **sespitos lebar** (*broad caespitose*) atau bertandan.

Eksperimen tersebut menguakkan pentingnya fungsi cahaya dalam konsep sinusia. Ini berkaitan dengan subunit struktural dalam komunitas tumbuhan. Subunit struktural ini atau sinusia tersusun atas jenis-jenis berbeda yang tergolong dalam bentuk hidup yang amat mirip (Bab 8.75). Dalam sinusia ini, kita dapat menemukan jenis yang bersaing kuat untuk memperoleh porsi lingkungan komunitas serupa atau **relung umum** yang sama.

Meskipun demikian, penekanan pada **kompetisi antarjenis** (*interspecific competition*) dalam kelompok bentuk-hidup yang sama yang tumbuh dalam habitat yang sama tidak berarti mengabaikan kompetisi yang mungkin terjadi antar bentuk-hidup yang berbeda. Sebagai contoh, Walter (1971) menginterpretasikan koeksistensi pepohonan yang terpecah dan rerumputan yang lebat di beberapa

savana Afrika sebagai suatu persaingan dalam pemanfaatan air tanah, yang menghasilkan suatu keseimbangan dinamis. Lebih lanjut persaingan antar bentuk hidup adalah proses mendasar dalam suksesi autogenik (lihat Bab 13).

Perilaku ekologi suatu jenis tumbuhan, yakni tanggapan total suatu tumbuhan terhadap lingkungan alaminya, merupakan suatu fungsi agak kompleks. Ini merupakan hasil interaksi antara struktur morfologi dan kebutuhan fisiologi yang dilengkapi dengan sumber daya lingkungan yang tersedia dalam habitat dan dimodifikasi oleh jenis tumbuhan yang bersaing. Oleh karena itu, perilaku ekologi suatu jenis bervariasi sesuai dengan perbedaan lingkungan, hubungan sosiologi, serta kemampuan bersaing.

## 12.7 ALELOPATI

Kita belum membahas alelopati sebagai salah satu faktor yang berpotensi memengaruhi kompetisi tumbuhan. Alelopati biasa dikenal sebagai hambatan biokimia antartumbuhan tinggi dalam kondisi alami yang disebabkan oleh pelepasan senyawa metabolik (Grümmer 1953; Rademacher 1959; Evenari 1961; Muller 1969; Börner 1971; Grodzinskij 1973). Pertanyaan apakah alelopati berperan penting atau tidak dalam mengontrol sebaran tumbuhan dalam kondisi alami, belum pernah dijelaskan secara penuh.

Penekanan baru terhadap interaksi kimia antar jenis sebagai mekanisme tepat dalam pengendalian populasi telah dikemukakan baru-baru ini (Whittaker & Feeney 1971), tetapi bukti yang dikemukakan untuk interaksi antartumbuhan sebagian besar tidak langsung. Seperti ditegaskan secara benar oleh Grümmer (1953) bahwa tidak cukup untuk membuktikan alelopati hanya karena eksistensi daun beracun atau ekskresi akar. Harus diperoleh bukti bahwa senyawa yang ada dalam konsentrasi yang cukup dalam kondisi yang dipertelakan dan bahwa pengaruh senyawa tersebut tidak hilang karena adsorpsi tanah atau interaksi dengan mikroorganisme. Sampai saat ini, bukti lengkap belum dapat diperlihatkan dalam contoh mana pun. Sebaliknya, dalam penelaahan yang lebih cermat, selalu ditemukan bahwa senyawa beracun (yang tidak diragukan kehadirannya dalam berbagai keadaan dan yang dalam banyak hal struktur kimianya sudah diketahui) hilang keefektifannya dalam tanah. Interpretasi awal tentang fenomena alelopati dalam banyak kasus dapat dilacak penyebabnya.

Sebagai contoh, Muller (1953; Muller & Muller 1956) menunjukkan bahwa senyawa beracun yang dihasilkan oleh *Encelia farinosa* tidak berpengaruh terhadap sebaran terna yang tumbuh di antara perdu-perdu **kaparal** (*chaparral*);

ini berlawanan dengan pendapat terdahulu yang dikemukakan Went (1942) dan Bonner (1950). Pengaruh toksik senyawa beracun terhadap tumbuhan terna hilang dalam tanah, dan kehadiran atau ketidakhadiran tumbuhan tertentu yang berasosiasi bergantung kepada akumulasi tanah yang tertiuip angin di bawah perdu-perdu, kepada macam formasi humus, dan kepada faktor bukan alelopati lainnya.

Namun, dalam berbagai publikasi berikutnya, Muller (1966; 1971) mengakui alelopati sebagai penyebab utama ketidakhadiran tumbuhan gurun semusim tertentu sekitar perdu-perdu kaparal di California. Dia menjelaskan, zona terbuka (gundul) yang mengelilingi beberapa perdu disebabkan oleh akumulasi **basuhan beracun** (*toxic leachate*) dari kanopi perdu-perdu dan serasah. Kompetisi akar-akar perdu untuk memperoleh air tanah dan hara, yang tidak menguntungkan tumbuhan semusim, dikesampingkan sebagai faktor, sebab analisis tanah dari bawah semak melewati zona terbuka dan ke sekitar penutup rumput perenial menunjukkan perbedaan yang tidak nyata. Pengaruh naungan dikesampingkan oleh perbandingan pengukuran cahaya. Pengaruh penggembalaan dan injakan dikesampingkan oleh pertumbuhan terna yang jarang dan kerdil, yang diamati dalam sebuah kurungan dalam zona terbuka yang tidak terlindungi. Tetapi, Bartholomew (1970; 1971) menemukan bahwa kegiatan binatang pengerat yang meningkat di sekitar semak (ditentukan melalui percobaan pemindahan biji, penghitungan kotoran, dan studi dalam kurungan) serta perbedaan-perbedaan edafik (permukaan tanah yang lebih keras, miskin pengayaan bahan organik di zona terbuka dan dengan demikian kondisi air agak sedikit berbeda dibandingkan dengan kondisi di bawah perdu) adalah cukup untuk menjelaskan zona-zona terbuka. Tampaknya, pengaruh binatang tidak sepenuhnya telah dihilangkan pada percobaan Muller terdahulu. Hanawalt (1971) memindahkan blok tanah dari zona terbuka dan dari dekat zona tertutup terna ke dalam rumah kaca dan ditemukan bahwa tumbuhan gurun semusim berkecambah jelek dan tumbuh kerdil pada blok tanah dari zona terbuka yang disirami dengan air yang disuling. Namun, setelah beberapa bulan dalam rumah kaca, pengaruh hambatan blok tanah dari zona terbuka hilang, yang agaknya karena senyawa beracun telah tercuci oleh air. Demikian juga pemanasan tanah secara artifisial telah meningkatkan perkecambahan tumbuhan semusim secara nyata (McPherson & Muller 1969) yang menunjukkan pelepasan substansi penghambat. Pemanasan tanah serupa terjadi dalam kondisi kebakaran alami.

Oleh karena itu, pengaruh alelopati pada perkecambahan dan pertumbuhan tumbuhan gurun semusim di sekitar perdu-perdu kaparal tertentu tampak cukup baik, yang tidak dapat dipungkiri dalam kasus ini. Akan tetapi, telah ditemukan juga bahwa zona-zona terbuka menghilang dalam tahun-tahun basah dan bahwa zona-zona tersebut dapat diungkapkan paling baik hanya dalam tanah lempung tertentu (Muller 1971). Dengan demikian, walaupun terjadi berulang-ulang, alelopati dalam kondisi seperti yang telah dipertelakan hanya merupakan fenomena sementara yang memengaruhi sebaran tumbuhan dalam lingkungan dengan musim kemarau yang keras. Karena itu, alelopati hanya sebuah sebab penyumbang dan bukan suatu penyebab tunggal terjadinya zona terbuka (Muller & Del Moral 1971).

Börner (1971) menyarankan perluasan definisi alelopati dengan memasukkan pengaruh hambatan biokimia tumbuhan tinggi terhadap mikroorganisme tanah. Perluasan makna ini akan memberikan arti lebih penting dan umum tentang alelopati. Sebagai contoh, Rice (1964) mendemonstrasikan bahwa bakteri pengikat nitrogen dan bakteri nitrifikasi dihambat oleh ekstrak tumbuhan dan air basuhan dari media pasir yang ditanami rumput pionir dan tumbuhan terna, yang diambil dari lapangan yang ditelantarkan di Oklahoma. Ia menyimpulkan bahwa tahap rumput semusim dalam suksesi diperpanjang karena rerumputan menciptakan suatu lingkungan dengan nitrogen rendah dan rerumputan toleran terhadap lingkungan bernitrogen rendah tersebut. Meskipun penurunan bakteri tersebut tidak ditunjukkan dalam kondisi alami, pengaruh tumbuhan tinggi terhadap perubahan mikroflora dipastikan akan terjadi. Tumbuhan tinggi menyediakan serasah dan humus, dan komunitas mikroorganisme diperkirakan akan menyesuaikan terhadap kondisi tersebut. Oleh karena itu, suatu perluasan makna alelopati semacam itu mengelakkan isu tersebut.

Yang lebih relevan terhadap pertanyaan mendasar adalah pengaruh autotoksik, yaitu alelopati dalam jenis tumbuhan tinggi yang sama. Sebagai contoh, McNaughton (1968) memperlihatkan bahwa perkecambahan *Typha latifolia* sepenuhnya dihambat ketika biji diberi perlakuan dengan air ekstrak daun *Typha*. Semai *Typha* dihambat oleh air yang diperas dari tanah yang ditumbuhi *Typha*. Kasus yang terakhir ini dapat juga dijelaskan sebagai suatu hasil perbedaan penyerapan hara, yang barangkali dapat menerangkan mengapa dalam tegakan *Typha* tidak terdapat semai.

Suatu penelitian penting yang menyarankan kehadiran autotoksisitas dalam jenis pohon *Grevillea robusta* dibuat oleh Webb, Tracey & Haydock (1967).

Mereka mengamati ketidakhadiran semai-semai *Grevillea* dalam hutan tanaman *Grevillea* di Queensland, sementara semai *Grevillea* melimpah dalam hutan tanaman *Araucaria cunninghamii* di dekatnya. Penyemaian dan penanaman *Grevillea* di bawah tegakan *Grevillea* tidak berhasil. Kegagalan bukan disebabkan kekurangan cahaya. Persaingan akar untuk air dan mungkin hara sebagai faktor dikesampingkan dengan menyediakan cukup air dan memindahkan tanah dari tegakan *Araucaria* didekatnya, yang kaya akan semai *Grevillea*, ke dalam petak kecil yang digali di bawah tegakan *Grevillea*. Di beberapa petak dibuat parit untuk meniadakan kompetisi akar oleh pohon *Grevillea* tinggi. Semai bertahan dan tumbuh sampai akar-akar tumbuhan *Grevillea* dewasa menembus ke petak-petak berparit. Kemudian daun-daun tumbuhan muda menjadi hitam dan tidak lama kemudian mereka mati.

Selain itu, pasir yang ditanami semai *Grevillea* juga diairi dengan larutan Hoagland dan air basuhan disirkulasi ulang. Pertumbuhan terhambat dalam perlakuan dengan basuhan dan semai mati setelah waktu tertentu. Jika larutan Hoagland disesuaikan untuk hara yang hilang, perlakuan ini menyingkirkan persaingan akar terhadap hara. Namun, semai *Grevillea* yang diberi larutan Hoagland yang dikumpulkan sebagai air basuhan dari pot yang mengandung tumbuhan *Araucaria* juga mati setelah waktu tertentu. Ini menunjukkan bahwa mendaur ulang larutan tanah dari jenis yang tidak menunjukkan toksisitas dalam kondisi alami mungkin juga menghasilkan pengaruh toksik. Perlakuan tersebut mungkin menghasilkan akumulasi produk sisa metabolisme, dan tentunya pendaurulangan semacam ini tidak terjadi di alam.

Para penulis menyarankan bahwa sebagai penyebab kematian semai *Grevillea* adalah eksudat beracun dari akar. Eksudat tersebut dapat dipindahkan melalui air dan merusak semai jenis yang sama. Senyawa kimia mungkin beraksi dengan mengubah mikroflora dalam tanah, sehingga menghasilkan suatu reaksi antibiotik yang spesifik pada *Grevillea*. Benjolan-benjolan pada akar, yang biasa dijumpai pada suku Proteaceae, diduga sebagai suatu organ yang dapat mengeluarkan senyawa kimia tersebut. Senyawa itu sendiri belum dapat diisolasi.

Para penulis menyatakan bahwa autotoksitas mungkin benar-benar faktor yang menyebabkan sebaran terpencah luas pada jenis yang tidak mengelompok (*non-gregarious*) dalam hutan tropik yang kaya jenis. Mereka menemukan bahwa jenis lain yang tidak mengelompok secara alami gagal untuk menghasilkan individu dewasa yang gagas (*vigor*) ketika ditanam dalam tegakan mengelompok.

Studi Webb, Tracey, dan Haydock barangkali satu-satunya karya penelitian tentang alelopati yang terdokumentasi dengan baik dalam kondisi edafik yang tidak ekstrem. Studi mereka belum sepenuhnya konklusif, sebab penyerapan hara oleh akar-akar dewasa belum dieliminasi sebagai suatu faktor. Selanjutnya, senyawa beracun belum diisolasi dan mekanisme pemindahan dalam tanah belum dijelaskan. Oleh karena itu, kita percaya bahwa masih prematur untuk menawarkan suatu prediksi tentang arti penting ekologi secara umum mengenai alelopati.

## **12.8 PERAN PENTING SEJARAH DAN EVOLUSI DALAM ANALISIS SEBAB-MUSABAB**

Sebagaimana ditekankan dalam Bab 12.2, waktu tidak hanya penting sebagai kecepatan yang menggarisbawahi semua proses. Dalam pembentukan komunitas, waktu menjadi penting dalam pengertian kejadian sejarah yang mungkin menyebabkan suatu rangkaian baru perkembangan komunitas.

Setiap makhluk hidup merupakan hasil sejarah dan evolusi. Hal yang sama berlaku untuk jenis, komunitas, dan ekosistem. Sementara sebagian besar struktur dan pola komunitas biasanya dapat dijelaskan dengan suatu analisis faktor lingkungan terkini dan persaingan antarjenis masa kini, bagian lain tidak dapat dipahami tanpa suatu penilaian tentang kejadian-kejadian penting tertentu yang berlangsung di masa lalu. Kejadian-kejadian sejarah seperti itu, yang mungkin muncul dalam bentuk gangguan, berbeda dari wilayah ke wilayah dan dari satu tempat ke tempat lain.

### **12.8.1 SEJARAH HUBUNGAN SEBAB DAN AKIBAT**

Faktor-faktor sejarah yang umum antara lain dampak manusia, api, badai, pengaruh binatang, banjir, penyakit, dsb. Kebanyakan faktor-faktor tersebut memiliki efek mekanis yang drastis pada vegetasi dibandingkan dengan efek yang lebih lembut dari faktor-faktor radiasi, air, dan hara yang saling berinteraksi. Oleh karena itu, kita umumnya mengacu kepada faktor sejarah semacam itu sebagai gangguan. Namun, penyebab historis dapat juga bertindak secara gradual, seperti perubahan gradual suatu faktor habitat atau invasi dan introduksi suatu jenis baru. Perubahan-perubahan yang lebih gradual tersebut dapat juga disebut sebagai gangguan dalam skala teleskopik sejarah.

Kajian tentang akses jenis ke suatu wilayah tertentu (yakni tahap kedatangan flora ke suatu wilayah, asal usul, derajat endemisme, dan sebarannya) merupakan

penyelidikan khusus dalam penelitian sejarah vegetasi (Good 1964; Walter & Straka 1970). Alat-alat untuk penelitian tersebut pada umumnya adalah rekaman fosil (dalam paleobotani) atau analisis polen (dalam palinologi). Dalam konteks ini, penelitian aspek sejarah tentang vegetasi melibatkan dua faktor pertama dari pembentukan komunitas—flora dan aksesnya ke wilayah. Penelitian aspek sejarah tentang vegetasi dapat juga memberi informasi tentang perubahan iklim masa lalu. Dengan demikian, sampai tahap tertentu, perubahan faktor habitat ditelaah dengan cara pendalaman rekaman sejarah floristik.

Sejarah dapat didefinisikan sebagai serangkaian kejadian penting dan suatu interpretasi tentang penyebab-penyebabnya. Tetapi, dalam ekologi vegetasi kita terutama ingin mengungkapkan manifestasi kejadian-kejadian masa lalu seperti itu dan identifikasi penyebabnya.

Suatu manifestasi dapat dianggap sementara atau permanen. Sebagai contoh, sebidang hutan ditebang habis, dan perkembangan vegetasi berikutnya melaju dari vegetasi terna di tempat tebangan berlanjut ke tegakan pohon muda sampai ke hutan dewasa. Ini disebut suksesi sekunder, dan fenomena ini pada dasarnya dapat diulang dan bersifat sementara. Suksesi akan dibahas dalam bab berikutnya. Dalam suksesi sekunder, skala waktu yang mendasari perubahan vegetasi biasa diukur hanya dalam skala tahunan atau dasawarsa. Dalam suksesi primer, yang menurut definisi terjadi pada substrat terbuka atau permukaan lahan yang baru, skala waktu yang mendasari perubahan vegetasi mencakup jangka waktu ratusan bahkan ribuan tahun. Dalam suksesi bentuk ini, perubahan permanen oleh evolusi jenis dapat terjadi, yang akan memengaruhi pembentukan komunitas.

Suatu manifestasi permanen yang jelas, seperti drainase suatu habitat, benar-benar merupakan fenomena sejarah. Fenomena sejarah ini menyebabkan penyimpangan dari pola vegetasi dan struktur komunitas semula, yang disebabkan sedikit banyak oleh perubahan mendasar kondisi habitat. Cukup lama waktu berlalu sehingga vegetasi membentuk lagi keseimbangan baru dengan faktor-faktor habitat yang menguasai. Dalam hal demikian, kita dapat dengan mudah membuat kesalahan dengan mengidentifikasi vegetasi termodifikasi sebagai vegetasi alami yang asli, kecuali bila sejarah kawasan diteliti juga.

Pergeseran permanen pola vegetasi akibat pengaruh gangguan masa lalu telah didokumentasikan untuk Eropa Tengah (Ellenberg 1963) dan Eropa Tenggara (Horvat, Glavac & Ellenberg 1974). Diawali dengan glasiasi yang menutup Eropa Tengah sampai ke pegunungan Alpen, reinvasi jenis tumbuhan berlangsung dari daerah refugia (pengungsian). Jenis *beech* Eropa (*Fagus sylvatica*) adalah salah satu

penyerbu terakhir yang berkembang dan memantapkan diri kembali hanya dalam waktu 3000 sampai 4000 tahun (atau 30 sampai 80 generasi pohon) yang lalu. Kebanyakan vegetasi tumbuhan bawah diyakini telah berada di tempat tersebut sebelumnya. Saat ini, lapisan pohon dan vegetasi tumbuhan bawah yang terdapat dalam hutan *Fagus sylvatica* yang dikatakan hampir alami dianggap lebih kurang sudah ada dalam keseimbangan dengan faktor-faktor habitat yang ada.

Sejak saat mundurnya es, vegetasi Eropa telah mengalami berbagai dampak kegiatan manusia, baik secara langsung maupun tidak. Para pemburu adalah penyebab pertama yang memberi efek tidak langsung melalui pemanenan hidupan liar (*wildlife*) asli. Kemudian pertanian menjadi penting; sejumlah usaha pertanian dibangun pada zaman Neolitik, yakni pada tahun 2000 sampai 800 SM. Sapi, domba, kambing, dan kuda merumput dalam hutan. Api dipakai sebagai alat untuk mempercepat perluasan lahan pertanian dan penggembalaan. Kemudian diikuti dengan periode migrasi suku-suku bangsa (*Volkerwanderung*), yang mengakibatkan reinvasi lahan perladangan oleh tumbuhan berkayu. Pada abad pertengahan, pemukiman menjadi permanen dan kerusakan hutan meningkat hingga sekitar tahun 1800. Selain kayu konstruksi dan kayu bakar, suatu awal pemanfaatan hutan yang utama adalah suatu industri garam abu (kalium karbonat) yang ditopang oleh pembakaran hutan secara progresif. Kemudian diikuti oleh pengaturan kehutanan yang difokuskan pada hutan tanaman konifer. Kecuali di daerah pegunungan dan lereng terjal, kebanyakan vegetasi hutan yang ada di Eropa saat ini terdapat pada lahan yang pada suatu saat digunakan untuk tujuan lain, yaitu dibajak atau dijadikan lahan gundul atau semi-gundul. Oleh karena itu, hutan-hutan *Fagus sylvatica* “hampir-alami” di Eropa kebanyakan adalah hutan sekunder. Di beberapa kawasan hutan cadangan tua, batang dan cabang pohon-pohon pasang (*oak*) yang sintas secara alami tampak berbonggol, dan ditemukan bahwa pohon-pohon tersebut berubah bentuk karena permanenan cabang dan daun, yang merupakan suatu praktik pertanian yang tersebar luas untuk memperoleh pakan ternak. Padang penggembalaan merupakan suatu bentuk padang rumput sangat tua yang berasal dari penggembalaan binatang peliharaan di hutan, sedangkan ara-ara jerami (*hay meadow*) dikembangkan kemudian (berumur sekitar 1000 tahun). Ara-ara tersebut berasal dari lahan basah untuk penggembalaan. Saat ini mereka tersebar pada tanah berdrainase baik, dalam bentuk rumput sempit dan sespitos, dan diyakini bahwa komposisi jenis berkembang sebagai tanggapan terhadap suatu



praktik pengelolaan yang sudah lama yang berupa pembabatan rumput dan terna secara berulang-ulang.

Penelitian sejarah secara rinci berdasarkan analisis polen, profil tanah yang mengandung sisa-sisa arang, catatan masa lalu, penyimpulan dari sejarah pemukiman, dan studi sisa-sisa vegetasi yang sedikit terganggu, hanya memungkinkan kita untuk membuat suatu rekonstruksi yang digeneralisasikan tentang vegetasi asal Eropa Tengah. Di banyak daerah, modifikasi terlalu dahsyat sehingga tidak mungkin untuk membuat suatu rekonstruksi.

Meskipun telah terjadi berbagai modifikasi, yang berkisar dari perubahan yang sedikit ringan hingga ke perubahan total yang menyimpang banyak sekali dari kondisi asal, kebanyakan komunitas tumbuhan Eropa Tengah ada dalam keseimbangan dengan faktor-faktor habitat yang umum, jika pengelolaan dianggap sebagai bagian dari faktor-faktor tersebut. Ini berarti bahwa kombinasi jenis yang berulang dan sering terjadi dapat secara terpercaya diprediksi dari landaian lingkungan. Ini agak bertentangan dengan vegetasi Amerika Utara, yang di banyak daerah kebakaran hutan dan gangguan lain menyebabkan berbagai fase suksesi sekunder menjadi vegetasi umum (Daubenmire 1968). Di kawasan semacam itu, komunitas terdapat dalam berbagai tingkat keseimbangan yang berbeda dengan faktor-faktor habitat dan rekombinasi jenis sepanjang landaian lingkungan tidak dapat diharapkan seteratur seperti dalam vegetasi Eropa. Di sini istilah "keseimbangan" diinterpretasikan dalam kaitan dengan cara bagaimana faktor gangguan habitat beroperasi: [*a*] sebagai suatu pengaruh berulang yang sangat sering dan teratur (misalnya, pengelolaan intensif dengan pembajakan, pemupukan, penggembalaan, atau penanaman kembali segera setelah pembalakan, yang karakteristik Eropa); atau [*b*] sebagai gangguan interval panjang, yang lebih kurang tidak dapat diprediksi (misalnya kebakaran di Amerika Utara). Sebuah pendapat lain menyatakan bahwa vegetasi Eropa dapat dianggap sebagai vegetasi dalam suatu keseimbangan agak artifisial karena pengaruh kuat manusia, sedangkan vegetasi Amerika Utara ada dalam keseimbangan alami, karena secara karakteristik bentuk pengelolaan kebanyakan lahan liar Amerika Utara (di luar lahan pertanian) kurang intensif.

### 12.8.2 FAKTOR-FAKTOR TEKANAN EVOLUSI

Dari lima faktor yang disebut sebagai penyebab dasar pembentukan komunitas (Bab 12.2) terkait erat dengan evolusi. Evolusi dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang membentuk perkembangan genetika biota di suatu wilayah ke suatu

arah yang spesifik untuk jangka waktu lama dan tidak terbatas. Arah tersebut bergantung kepada apa yang disebut **faktor-faktor tekanan evolusi** (*evoloutionary stress factors*) yang berbeda dari suatu wilayah ke wilayah lain. Mereka adalah suatu kelompok faktor ekologi yang menyebabkan populasi biologi beradaptasi secara genetika terhadap lingkungan fisik dan sosial wilayah tempat mereka berevolusi. Berikut adalah faktor-faktor tekanan evolusi utama:

1. Iklim (terutama suhu, curah hujan, dan cahaya) dan faktor habitat lain (misalnya air tanah dan hara).
2. Faktor sejarah-geografi, misalnya isolasi geografi yang terkait dengan akses; dan invasi atau introduksi (oleh manusia).
3. Interaksi jenis dalam bentuk kompetisi dan herbivori.
4. Gangguan yang berulang seperti kebakaran, badai, banjir, vulkanisme, iklim yang ekstrem, dsb.

Kita mungkin mengenal iklim sebagai suatu faktor tekanan di urutan pertama yang menyebabkan evolusi suatu kombinasi bentuk hidup yang spesifik di suatu wilayah. Sudah banyak dikenal bahwa iklim yang serupa di bagian-bagian dunia yang berbeda mendukung suatu percampuran bentuk-hidup dan struktur komunitas yang mirip. (Bab 8). Namun, kesamaan bentuk-hidup ini tidak sempurna, sebab bentuk-hidup tertentu mungkin diwakili oleh sedikit jenis atau bahkan tidak ada, seperti sukulen asli di setengah-gurun Australia (Walter 1971).

Faktor sejarah geografi terutama bertanggung jawab atas kombinasi spesifik jenis-jenis yang tersedia di suatu daerah. Namun, kebalikan dari iklim, yang dapat dikatakan terjadi secara berulang dengan kesamaan tinggi di banyak wilayah di muka bumi, faktor sejarah geografi adalah unik menurut wilayah. Ukuran wilayah yang mengandung kesamaan biota, atau mungkin apa yang disebut suatu flora yang telah bernaturalisasi, bervariasi menurut derajat isolasi geografi, atau akses, atau menurut waktu kedatangan takson. Waktu kedatangan teristimewa penting. Contoh *beech* Eropa (*Fagus sylvatica*), yang telah dikemukakan di atas, menunjukkan bahwa pohon penting yang membentuk struktur komunitas ini bernaturalisasi hanya 3000 sampai 4000 tahun yang lalu. Sama juga halnya dengan jenis-jenis yang dibawa pemukim masa lalu ke kepulauan Hawaii 1000 sampai 2000 tahun yang lalu, seperti pohon *Aleurites moluccana* atau rumput *Heteropogon contortus*, tampaknya telah menginvasi semua habitat yang tersedia.

Namun, hal tersebut tidak benar untuk jenis-jenis yang diintroduksi ke Hawaii belum lama berselang (50 sampai 100 tahun yang lalu), seperti pohon *Eugenia cuminii* dan *Psidium cattleianum*. Tumbuhan yang sedang bergerak seperti itu mengaburkan prediktabilitas kombinasi jenis sepanjang landaian lingkungan. Ini berarti rekombinasi jenis atau pengulangan komunitas serupa tidak sesering di daerah yang sebaran jenisnya belum mencapai keseimbangan dengan faktor-faktor lingkungan yang umum. Efek serupa terjadi di daerah-daerah dengan suksesi gangguan. Fenomena jenis yang sedang bergerak ini mungkin jarang ditemukan di wilayah benua, tetapi umum dalam ekosistem pulau. Fenomena tersebut tidak dapat diabaikan dalam analisis sebab-musabab komunitas.

### 12.8.3 KOEKSIistensi JENIS

Interaksi jenis melalui persaingan dijelaskan di muka karena sama pentingnya seperti faktor-faktor habitat dalam pembentukan komunitas. Suatu tekanan persaingan berkepanjangan antaranggota dua jenis dengan kebutuhan serupa terhadap sumber daya yang terbatas, dipercaya oleh beberapa zoologiwan, akan mengakibatkan pemusnahan satu jenis oleh jenis lainnya (Gause & Witt 1935). Gejala ini adalah apa yang disebut prinsip **eksklusi kompetitif** (*competitive exclusion*) atau “Prinsip Volterra-Gause”. Dalam konteks ekologi tumbuhan, setidaknya prinsip ini memerlukan beberapa kualifikasi. Eksklusi kompetitif suatu jenis dari suatu habitat atau komunitas merupakan fenomena umum dalam suksesi (lihat Bab 13). Namun, eksklusi kompetitif yang mengarah ke pemusnahan satu jenis oleh jenis lain mungkin merupakan suatu fenomena yang jarang terdapat di alam. Fenomena ini hanya dapat terjadi dalam lingkungan yang sangat seragam, yang memungkinkan satu jenis mencapai kekuatan yang melebihi lawannya. Situasi semacam itu mungkin terjadi di pulau-pulau kecil. Di sebagian besar lingkungan alami, mungkin lebih baik kita membicarakan **pengalihan kompetitif** (*competitive displacement*). Ini hanya melibatkan pergeseran dalam kisaran sebaran satu atau kedua jenis yang bersaing untuk ruang dan sumber daya yang sama sepanjang suatu landaian lingkungan. Pola-pola berbeda pengalihan kompetitif dibahas dalam Bab 12.6.1, dan ini tidak lebih dari bentuk eksklusi kompetitif sepanjang suatu segmen terbatas dalam suatu landaian lingkungan.

Pengalihan kompetitif mempertunjukkan suatu pertentangan yang nyata dengan konsep kelompok ekologi sebagaimana disajikan dalam Bab 11. Seperti telah dikemukakan, kelompok ekologi didefinisikan sebagai jenis-jenis dengan bentuk-hidup yang sangat serupa, yang tumbuh bersama dalam hubungan dengan

faktor lingkungan spesifik. Bagaimana mungkin bahwa jenis-jenis tersebut, yang tampaknya pesaing kuat untuk ruang yang sama, hidup berdampingan di alam dengan sebaran simpatrik (sejajar sekali)? Bahkan dinyatakan bahwa evolusi mungkin menuju ke dua arah: (a) perkembangan yang mengarah ke **tumpang-tindih spasial** (*spatial overlap*) sepanjang landaian lingkungan, di mana pengalihan kompetitif merupakan bentuk ekstrem, dan (b) perkembangan yang mengarah ke **sinkronisme spasial** (*spatial synchronism*), yaitu kelompok-kelompok ekologi. Evolusi kelompok ekologi dapat dipahami sebagai suatu pengembangan “spesialis” untuk mengeksploitasi suatu **relung bersama** (*common niche*). Hal ini dapat dibayangkan dengan mudah untuk biota lain, seperti kumbang pepagan atau jamur filifer. Dalam kedua kelompok tersebut, kita dapat menemukan beberapa jenis yang beradaptasi terhadap substrat yang sama. Bagi suatu peningkatan jumlah jenis yang menempati relung umum yang sama dapat dijelaskan dengan dua kemungkinan. Ada kemungkinan terdapat suatu spesialisasi lebih lanjut pada suatu tingkat yang lebih halus di antara anggota suatu kelompok ekologi, atau, bila tidak ada spesialisasi lebih lanjut, anggota-anggota kelompok mungkin telah mengembangkan suatu toleransi yang lebih besar terhadap kehadiran pesaing. Sebagaimana dijelaskan dalam Bab 11, anggota-anggota suatu kelompok ekologi tidak mempunyai semua sifat ekologi yang persis sama.

Kemungkinan pertama, suatu peningkatan spesialisasi di antara jenis tumbuhan telah diinterpretasikan sebagai suatu peristiwa yang tidak terhindarkan menuju kepada suatu pembatasan amplitudo spasial sepanjang landaian lingkungan dan kepada tumpang tindih kisaran horizontal (Whittaker 1970; 1972). Suatu hal yang sama dapat dipahami juga bahwa spesialisasi yang meningkat pada tingkat struktur-lentur dan fungsi mungkin berlaku juga dalam ruang vertikal (dengan stratifikasi akar) dan dalam waktu. Integrasi fungsi menurut waktu telah ditekankan oleh Poore (1968) sebagai suatu penjelasan tentang ko-eksistensi dan sebaran simpatrik sedemikian banyak jenis pohon dengan struktur serupa dalam hutan hujan yang mengandung banyak jenis. Dua alternatif spesialisasi tersebut, yaitu integrasi dalam ruang vertikal dan pengaturan waktu dalam fungsi, tidak perlu dijelaskan melalui tumpang-tindih spasial sepanjang landaian lingkungan.

Kemungkinan kedua, pengembangan toleransi terhadap kehadiran pesaing yang berkerabat dekat sudah pasti merupakan mekanisme yang memungkinkan anggota jenis yang sama untuk hidup berdampingan dalam kumpulan di alam. Ini sudah jelas kebenarannya (dan telah dinyatakan oleh Darwin 1859) bahwa anggota jenis yang sama juga merupakan pesaing paling kuat, sebab mereka

memiliki kebutuhan yang sama. Kondisi seperti itu juga ditunjukkan oleh struktur mereka yang hampir identik. Dapat dipahami lebih lanjut bahwa suatu mekanisme toleransi seperti itu dapat juga berkembang pada kesamaan struktural dengan tingkat yang lebih tinggi, yang kita sebut bentuk hidup yang sangat serupa. Penyebab perkembangan toleransi seperti itu mungkin fluktuasi sumber daya yang umum dicari oleh anggota suatu kelompok ekologi.

Oleh karena itu, evolusi mungkin berjalan dalam dua arah berlawanan, yaitu perkembangan jenis dengan kebutuhan yang tidak sama dan perkembangan jenis dengan kebutuhan serupa. Namun, pada suatu tingkat kesamaan yang tepat, semua jenis mungkin mengembangkan adaptasi komplementer. Korelasi spasial yang kuat antarjenis yang sama sepanjang landaian lingkungan mungkin dapat dijelaskan dengan komplementasi dalam ruang vertikal, waktu, dan toleransi.

### **12.8.4 KEANEKARAGAMAN JENIS**

Pertanyaan mengapa jumlah jenis dalam komunitas berbeda telah ditanyakan terutama oleh pakar biologi evolusi. Namun, pertanyaan tersebut saat ini juga menjadi penting dalam ekologi sosial. Data untuk penjelasan pertanyaan tersebut sampai sekarang sangat sedikit. Tetapi, bukti mungkin dapat diperoleh bila butir-butir berikut dipertimbangkan.

Evolusi biasanya diartikan sebagai langkah maju menuju spesialisasi yang meningkat (Wilson 1969). Bila asumsi ini menjadi kecenderungan yang dominan, kita dapat berharap bahwa jenis-jenis dengan kisaran luas secara genetika akan beradaptasi kepada segmen-segmen kisaran sebaran mereka yang lebih spesifik. Hal tersebut telah banyak sekali ditunjukkan oleh penelitian genekologi (Turesson 1922-1931; Baker 1952; dan lainnya) dan kehadiran ekotipe yang berbeda secara fisiologi (Clausen, Keck & Hiesey 1948; Nobs & Björkman 1971). Oleh karena itu, dapat dipahami bahwa pola-pola komunitas, dalam wilayah dengan sejarah evolusi yang lebih panjang, lebih dikendalikan oleh faktor-faktor habitat yang sudah berjalan lama dan beroperasi pada lokasi komunitas spesifik ketimbang oleh pengalihan kompetitif antarbentuk-hidup yang sangat serupa.

Meskipun demikian, deduksi ini belum tentu benar. Spesialisasi didukung oleh seleksi alami hanya selama itu efisien (Miller 1967). Ini pada gilirannya bergantung kepada faktor-faktor tekanan evolusi. Sebagai contoh, jenis tumbuhan tertentu tumbuh dengan lebih banyak individu per unit area ketika pasokan sumber daya rendah. Pada saat sumber daya meningkat, kompetisi antarindividu yang sama meningkat sebab ukuran individu-individu tersebut bertambah.

Kematian terjadi di antara individu-individu yang lebih lemah. Hasil akhir adalah jumlah individu per unit luas lebih sedikit dengan jumlah sumber daya yang meningkat (Mueller-Dombois & Sims 1966). Demikian pula eutrofikasi dapat mengeliminasi jenis-jenis yang lebih toleran dalam suatu kelompok ekologi. Eutrofikasi semacam itu mungkin merupakan suatu komponen di antara faktor-faktor tekanan evolusi antarwilayah, misalnya pemupukan oleh abu vulkanik atau sedimentasi dari banjir secara periodik. Dalam kasus tersebut, sejarah gangguan dalam bentuk sumber daya yang berfluktuasi dapat mencegah peningkatan jumlah jenis.

Oleh karena itu, keanekaragaman jenis regional tampaknya tidak hanya merupakan suatu fungsi waktu dan akses taksa belaka, tetapi bersamaan dengan itu juga suatu fungsi macam dan cara bertindak (*modus operandi*) faktor-faktor tekanan evolusi regional. Sejarah gangguan yang berulang-ulang, seperti kebakaran, badai, banjir, vulkanisme, iklim yang ekstrem, dsb, diperkirakan akan berturut campur dengan spesialisasi (misalnya adaptasi genetika terhadap faktor tekanan aktif yang menerus seperti iklim setiap tahun yang musiman atau tekanan pamarutan yang seragam atau naik-turun dengan osilasi sempit). Sebagai contoh, Harper (1969) melaporkan bahwa jumlah jenis terna di Inggris meningkat di wilayah di mana penggembalaan kelinci menjadi suatu faktor tekanan yang konstan dalam komunitas rumput. Dalam kasus ini, peningkatan keanekaragaman dapat dikaitkan dengan dua faktor, yaitu tumbuhan yang berukuran kecil dan kontinuitas tekanan pamarutan. Pemangkasan yang terus-menerus membuat ukuran tumbuhan yang sintas kecil. Lebih banyak individu dapat ditampung per satuan luas, jika mereka tetap kecil. Tekanan pamarutan yang menerus mengeliminasi kompetisi oleh tumbuhan lebih tinggi yang sedang tumbuh dan dapat membolehkan spesialisasi lebih lanjut di antara jenis-jenis yang dapat menyelesaikan siklus hidup mereka pada jarak dekat sekali dengan tanah.

Dalam kasus tersebut, pamarutan telah menjadi faktor tekanan yang berjalan secara berlanjut, yang menghasilkan suatu lingkungan yang stabil. Sebaliknya, herbivori dalam bentuk gangguan jangka panjang dengan periode tekanan tinggi dan periode tekanan rendah mungkin bertindak sebagai suatu gangguan periodik. Dalam kasus ini, nilai kesintasan tumbuhan akan diturunkan oleh spesialisasi sebagai tanggap baik terhadap faktor-faktor lingkungan yang secara menerus beroperasi atau gangguan itu sendiri. Adaptasi yang paling efisien atau nilai kesintasan tertinggi tampaknya adalah pengembangan toleransi terhadap

gangguan, dan oleh karena itu membatasi spesialisasi (atau spesiasi) sebagai tanggap terhadap kelompok faktor-faktor yang beroperasi secara menerus.

Untuk itu, kita dapat menyimpulkan bahwa spesialisasi, atau adaptasi melalui spesiasi, mungkin tinggi di wilayah dengan lingkungan stabil, yakni wilayah tanpa gangguan periodik. Kesimpulan ini didukung oleh data sejarah tentang keanekaragaman jenis di danau oleh Goulden (1969). Namun, spesiasi mungkin tinggi di lingkungan tidak stabil, yaitu ketika gangguan merupakan fenomena periodik dan berulang-ulang secara teratur. Tetapi, spesiasi diperkirakan rendah di wilayah dengan gangguan tidak teratur dan dapat terjadi setiap saat. Suatu kesimpulan serupa dibuat oleh Slobodkin & Sanders (1969). Spesiasi dapat diperkirakan rendah di daerah semacam itu karena spesialisasi di sini tidak memberikan keuntungan dalam kesintasan. Alih-alih, nilai kesintasan yang lebih besar dapat dicapai dengan mempertahankan toleransi terhadap perubahan lingkungan dan adaptasi yang digeneralisasikan, seperti ditemukan dalam jenis dengan kisaran luas.

### 12.8.5 HUBUNGAN STRUKTUR DAN FUNGSI

Jika sekiranya memungkinkan untuk menganalisis secara tepat sifat faktor tekanan evolusi yang berlaku di suatu habitat, spesiasi dan evolusi komunitas akan dapat diprediksi secara teliti. Namun, analisis semacam itu hanya mungkin pada tingkat suatu wilayah atau tingkat yang lebih digeneralisasikan. Kesamaan struktur secara kasar antara berbagai komunitas yang besar menawarkan suatu dasar pertama untuk perbandingan fungsi. Berbagai vegetasi dengan struktur kasar semacam itu merupakan formasi-formasi dunia atau **biom** (*biome*). Di antara biom tersebut dapat dikenal hutan berdaun lebar malar hijau, hutan konifer, hutan meranggas, padang rumput, semak, gurun, dsb. Meskipun demikian, dari pembahasan terdahulu akan menjadi jelas bahwa kita tidak mungkin untuk memprediksi, misalnya, dari satu formasi padang rumput ke formasi lain lebih dari fungsi kasar yang terkait dengan sifat musiman dari iklim dan barangkali kebakaran. Whittaker & Woodwell (1972) mengarakterisasikan bahwa secara umum padang rumput telah berkembang sebagai tanggap terhadap api. Benar sekali bahwa padang rumput yang berevolusi sebagai tanggap terhadap iklim mungkin terdapat hanya dalam kawasan geografi yang sangat terbatas (Walter 1971) atau iklim mungkin hanya berperan sebagai penyumbang, misalnya melalui musim kemarau yang mendorong terjadinya kebakaran. Akan tetapi, padang rumput

bervariasi dari satu wilayah ke wilayah lain berdasarkan bentuk-hidup dan jenis rumput.

Barangkali sebuah generalisasi yang lebih tepat adalah bahwa secara umum pengaruh mekanis lebih penting daripada hanya kebakaran sebagai faktor tekanan evolusi dalam pembentukan padang rumput. Faktor-faktor mekanis tersebut meliputi kebakaran, pamarutan oleh binatang, injakan, longsor, sedimentasi akibat banjir, dan badai. Tampaknya, masuk akal bahwa bentuk-hidup sespitos dan rumput tandan berkembang dalam hubungan dengan kebakaran, sementara bentuk-hidup berselantar dan berimpang berkembang karena tekanan penggembalaan secara menerus. Hal yang terakhir mungkin merupakan suatu adaptasi khusus terhadap tingginya kepadatan dan injakan binatang. Demikian pula bentuk-hidup bambu mungkin berkembang sebagai tanggapan terhadap badai yang menghancurkan secara periodik. Ini mungkin menjadi alasan atas banyaknya bambu endemik dijumpai di Taiwan, suatu pulau yang menjadi sasaran taifun setiap tahun. Faktor tekanan mekanis ini bervariasi dari wilayah ke wilayah lain. Demikian pula macam dan jumlah hewan asli (*indigenous animal*) dan cara makannya mungkin menyebabkan suatu mekanisme tanggapan yang spesifik dalam padang rumput asli, yang duplikasinya ditemukan di tempat lain secara terbatas. Sebagai contoh, gajah di Sri Lanka menguliti dan memindahkan lempengan rumput di padang rumput pendek di daerah kering hanya menimbulkan gangguan sementara (Mueller-Dombois & Cooray 1968). Jenis-jenis rumput yang terlibat kebanyakan perenial berselantar dan berimpang yang memulihkan secara penuh permukaan tanah gundul terbuka seluas beberapa meter persegi dalam waktu kurang dari tiga bulan. Suatu pembersihan rerumputan serupa di wilayah berbeda dengan tanah dan iklim sama mungkin menciptakan suatu gangguan yang lebih kekal. Namun, bukti semacam ini masih kurang dan studi berbagai komunitas dengan struktur serupa dalam iklim yang sama tetapi dalam wilayah biogeografi berbeda hanya baru dimulai di bawah Program Biologi Internasional (IBP), misalnya, program Semak Laut Tengah dan Semak Gurun dalam US/IBP.

Oleh karena itu, dalam mengartikan fungsi struktur komunitas, diperlukan juga analisis jumlah, macam, intensitas, dan frekuensi faktor-faktor tekanan wilayah sebanyak mungkin. Namun, karena faktor-faktor tekanan penting mungkin melibatkan sejarah ketimbang masa kini, maka setiap analisis penyebab yang cermat harus didasarkan pada percobaan.



## 12.9 ANALISIS SEBAB-MUSABAB KOMUNITAS TUMBUHAN

Tujuan akhir penelitian analisis sebab-musabab vegetasi adalah untuk menjelaskan asal-muasal kombinasi jenis total dalam komunitas tertentu. Mengingat status pengetahuan kita saat ini, hingga kini kita belum jauh beranjak menuju sasaran tersebut. Banyak efek lingkungan dan pengaruh-pengaruh tumbuhan satu terhadap lain, yang tidak dapat dievaluasi tanpa percobaan, mempersulit analisis. Meskipun demikian, mereka juga menjadikan tugas ini sesuatu yang sangat menantang dan menarik.

Dua pendekatan yang saling melengkapi tampaknya sangat penting.

1. Suatu analisis sejarah tentang setidaknya kelompok utama faktor-faktor lingkungan regional dan gangguan berkenaan dengan sebaran spasial, frekuensi, dan intensitas menurut waktu. Identifikasi dan evaluasi faktor tekanan evolusi bergantung kepada suatu pengetahuan tentang kelanggengan dan pola beroperasi faktor-faktor tersebut.
2. Determinasi optimum fisiologi atau relung dasar tumbuhan kunci dalam komunitas dan suatu determinasi komparatif tentang optimum ekologi dan relung yang dicapai atau relung terealisasi (*realized niche*). Analisis ini akan memperlihatkan sejauh mana relung yang dicapai atau optimum ekologi merupakan hasil kompetisi dan adaptasi langsung. Berdasarkan suatu landasan yang tepat, perbandingan semacam itu hanya mungkin dilakukan melalui percobaan yang melibatkan jenis-jenis bertumbuh yang terdapat dalam asosiasi di alam dalam eksperimen paralel—satu kali dalam isolasi dan satu kali dalam kelompok-kelompok yang ada dalam kondisi sedang berkompetisi.

Teristimewa sulit dan memakan waktu adalah percobaan dengan tumbuhan berumur panjang, seperti pepohonan hutan. Sudah pasti kita tidak dapat berasumsi bahwa tanggap semai-semai ekuivalen dengan tanggap pohon dewasanya. Namun, prinsip-prinsip yang berlaku dalam interaksi tumbuhan berbeda, dan pembentukan komunitas tumbuhan dalam banyak kasus dapat juga dijelaskan dari percobaan dengan tumbuhan berumur pendek, seperti terofit. Hemikriptofit, terutama rerumputan, adalah material percobaan yang berguna, sebab mereka dapat diperbanyak secara vegetatif dengan mudah sehingga variabilitas genetika dapat dihilangkan. Oleh karena itu, objek-objek yang lebih sederhana tersebut memainkan peran serupa dalam sebab-musabab ekologi vegetasi, seperti pemanfaatan binatang percobaan berumur pendek tertentu dalam genetika.

# 13

## SUKSESI, KLIMAKS, DAN STABILITAS

### 13.1 KONSEP SUKSESI

Bayangkanlah sebuah permukaan baru di lahan darat. Di alam, permukaan baru ini terbentuk karena aliran lava, pengendapan abu gunung berapi, pengurukan danau, pembentukan tanah terbuka dan proses-proses geomorfologi serupa lainnya. Dalam kawasan darat dengan iklim yang mendukung perkembangan tumbuhan, di tempat-tempat terbuka, seperti itu, cepat atau lambat, akan terjadi invasi berbagai jenis tumbuhan.

Segera setelah terjadi invasi oleh tumbuhan baru, sebuah komunitas tumbuhan pionir akan terbentuk. Invasi akan berjalan terus dan jenis yang sudah hadir akan berkembang biak dan lebih melimpah. Jadi, pada habitat yang sama akan terjadi pengayaan jenis, yang terkait dengan penambahan jumlah individu atau peningkatan penutup jenis-jenis tertentu. Kedatangan berbagai bentuk-hidup akan meningkatkan kompleksitas struktur komunitas. Bersamaan dengan pengayaan jenis, penambahan jumlah individu, kompleksitas struktur, beberapa jenis yang menginvasi terdahulu mungkin menghilang. Situasi tersebut diakibatkan oleh penggantian kompetitif di antara jenis. Tetapi, jenis menghilang tidak selalu terkait dengan penggantian jenis baru. Jenis menghilang dapat juga diakibatkan oleh jenis tertentu yang mendesak jenis lain keluar dari komunitas. Dalam banyak hal, efek akhir adalah suatu pengurangan jumlah jenis setelah melewati tahap tertentu diversitas taksonomi maksimum.

Proses umum perubahan vegetasi yang diuraikan di atas disebut **suksesi** (*succession*). Tansley (1920) mendefinisikan suksesi sebagai “perubahan perlahan-lahan yang terjadi pada suatu permukaan bumi di mana suatu populasi menggantikan populasi lain”. Clements (1916) membedakan enam subkomponen: (a) **penelanjangan** (*nudation*), yaitu pembukaan substrat baru; (b) **migrasi**, yaitu kedatangan benih (*disseminules*); (c) **eksesis** (*excesis*), proses yang

mengacu kepada perkecambahan, pematapan, pertumbuhan, dan reproduksi; (d) **kompetisi**, yaitu persaingan yang dapat mengakibatkan penggantian jenis; (e) **reaksi**, yaitu kegiatan yang melibatkan perubahan habitat melalui jenis; dan (f) **stabilisasi akhir**, yaitu klimaks.

Pemahaman suksesi menurut Clements masih sah. Tetapi, subproses lain dapat ditekankan, misalnya perubahan jumlah dalam populasi, perubahan dalam integrasi bentuk-hidup, atau perubahan dalam adaptasi genetika populasi dalam proses evolusi. Jelas bahwa perubahan evolusi memasuki konsep suksesi jangka panjang, meskipun biasanya diperlakukan sebagai topik terpisah (lihat Bab 12.8.).

Suksesi sebagai suatu penelaahan orientasi meliputi semua perubahan dalam vegetasi yang terjadi pada suatu habitat sepanjang perjalanan waktu. Hal ini memungkinkan penelaahan yang luas dengan tujuan untuk mengembangkan pola dan penyebab suksesi (untuk perkembangan sejarah konsep suksesi, lihat Bab 2.5).

### 13.2 ANEKA RAGAM SUKSESI

Terdapat berbagai macam perubahan vegetasi. Suksesi di atas, yang mengacu kepada urutan umum pengayaan jenis yang terkait dengan peningkatan kompleksitas struktur, disebut **suksesi progresif** (*progressive succession*). Akan tetapi, perubahan vegetasi dapat juga melibatkan kehilangan jenis dan pengurangan kompleksitas struktur sebagai akibat dari degradasi habitat. Situasi ini, misalnya, dapat disebabkan oleh kehilangan hara tanah. Perubahan vegetasi seperti itu disebut **suksesi regresif** (*regressive succession*) atau **suksesi retrogresif** (*retrogressive succession*) (Lüdi 1930). Pada dasarnya subproses-subproses serupa dapat terjadi selama suksesi regresif. Misalnya, rerumputan dan teki-teki dapat menggantikan pepohonan ketika terjadi perubahan rezim air-tanah karena akumulasi kelebihan air pada habitat yang sebelumnya mempunyai drainase baik, atau vegetasi **kerangas-katai** (*dwarf-heath*) yang perlahan-lahan mengganti komunitas hutan karena herbivor memusnahkan permudaan pohon. Jadi, tampaknya tidak perlu membatasi konsep suksesi hanya pada perubahan vegetasi progresif.

Gams (1918) menyatakan bahwa tidak perlu membedakan apakah suksesi terjadi karena gangguan alam atau gangguan yang diakibatkan kegiatan manusia. Perubahan vegetasi hampir tidak berbeda ketika, misalnya, sebidang hutan rusak karena ditebang-habis, atau karena badai dahsyat, atau bila tanah menjadi

terbuka karena longsor, atau karena tanah dipindahkan manusia. Alih-alih, Gams menekankan bahwa suksesi dibedakan secara mendasar oleh pola waktu terjadinya gangguan. Ia membedakan tiga macam urutan suksesi berdasarkan:

1. **Urutan normal** (*normal sequences*), yang terjadi karena pengaruh yang berulang cepat. Contohnya adalah padang rumput yang dibabat secara berulang, dijadikan tempat penggembalaan, digunakan secara teratur sebagai tempat istirahat hewan, sering diinjak-injak, dsb. Urutan-urutan seperti itu kemudian sampai ke fase keseimbangan, yang dianggap sebagai komunitas yang kekal. Suksesi yang sebenarnya, yaitu fase berubah, hanya sementara dan terjadi pada waktu yang relatif pendek.
2. **Urutan ritmik** (*rhythmic sequences*). Ini berkembang dari pengaruh berdaur atau berulang secara teratur yang terjadi dengan interval beberapa bulan atau tahun. Sebagai contoh adalah rotasi komunitas gulma-sereal ke komunitas gulma tanaman budi daya ubi-ubian (*root-crop*) pada lahan pertanian yang sama dapat disebut suksesi ritmik. Dalam hal ini gangguannya adalah perubahan perlakuan pertanian.
3. **Urutan katastrofik** (*catastrophic sequences*). Ini berkembang dari gangguan yang mendadak yang sifatnya tidak ritmik, misalnya letusan gunung berapi, gempa, tanah longsor, kebakaran, angin kencang, bom, pembabatan, pengeringan danau atau pembentukan danau baru, dsb.

Konsep Gams mencerminkan pandangan terdahulu. Tampaknya pandangan ini tidak lagi penting karena tiga alasan berikut:

1. Sifat gangguan, apakah alami atau disebabkan manusia, mungkin tidak penting untuk suksesi lokal yang khusus, tetapi perbedaan mempunyai arti evolusi. Misalnya, kebakaran yang telah lama merupakan gangguan alam di suatu kawasan (yang berupa halilintar atau manusia purba), secara evolusi vegetasi telah beradaptasi terhadap kebakaran. Kasus seperti ini terjadi pada substrat berpasir di Manitoba Tenggara; di sini pinus (*Pinus banksiana*) yang telah teradaptasi terhadap kebakaran mendominasi vegetasi (lihat Gambar 11.2). Jenis pohon ini mempunyai runjung yang berkembang pada akhir musim tumbuh (*serotinous cones*) dan hanya membuka bila terkena panas api yang kuat. Jenis tumbuhan bawah dalam vegetasi ini, seperti jenis *Vaccinium*, juga beradaptasi terhadap kebakaran. Tumbuhan ini segera bertunas dari akarnya setelah permukaan tanah terbakar. Sebaliknya, bila di suatu kawasan kebakaran merupakan hal baru yang diperkenalkan oleh

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

manusia modern, efeknya dapat jauh lebih merusak, karena flora tidak dapat beradaptasi terhadap gangguan dahsyat seperti itu.

2. Urutan “katastrofik” Gams bila diikuti dalam waktu lama akan jadi ritmik. Misalnya, letusan gunung berapi, kebakaran, atau angin kencang dapat terjadi sebagai gejala berdaur di suatu kawasan. Hal tersebut dapat pula menjadi arti penting evolusi.
3. Urutan “katastrofik” Gams termasuk gangguan yang mengakibatkan kerusakan total ekosistem yang ada, misalnya letusan gunung berapi, tanah longsor, atau pembentukan danau baru, tetapi juga yang lain, seperti kebakaran atau angin kencang, yang mengakibatkan hanya kerusakan sebagian ekosistem yang ada. Perbedaan antara suksesi yang bermula pada substrat yang baru sama sekali dan suksesi yang mulai dalam sebuah ekosistem yang rusak sebagian sangat penting. Dengan perbedaan ini, kita dapat mengenal suksesi primer dan suksesi sekunder.

Selanjutnya, sukar sekali untuk menyelaraskan suksesi yang berkembang sebagai tanggapan terhadap perubahan iklim ke dalam konsep suksesi Gams jangka panjang.

Untuk penjelasan tampaknya cukup membedakan tiga macam utama perubahan vegetasi oleh alam dan waktu terjadinya gangguan serta oleh perubahan vegetasi itu sendiri. Perubahan ini adalah perubahan fenologi, suksesi sekunder, dan suksesi primer.

1. Perubahan fenologi tidak hanya melibatkan masa berbunga, berbuah, pemunculan daun, dan pengguguran daun pada pohon atau tumbuhan perenial, tetapi juga munculnya dan hilangnya secara periodik terofit dan geofit dalam sebuah komunitas. Perubahan dalam jenis dan jumlah individu seperti itu tidak hanya terjadi musiman, tetapi juga bervariasi dari tahun ke tahun. Dalam beberapa habitat gurun, tumbuhan setahun dan geofit hanya muncul setelah hujan yang airnya meresap dalam yang terjadi hanya satu kali dalam beberapa tahun (Walter 1971). Perubahan fenologi vegetasi seperti itu tidak dimasukkan ke dalam konsep suksesi. Aspek fenologi telah dibahas dalam bab struktur vegetasi (Bab 8).
2. Konsep **suksesi sekunder** mengacu kepada berbagai perubahan vegetasi yang bukan perubahan fenologi yang terjadi pada ekosistem yang telah mantap. Ini termasuk urutan-urutan “normal”, “ritmik”, dan sebagian “katastrofik” Gams. Suksesi sekunder berkembang hanya dari ekosistem

yang terganggu sebagian. Ditinjau dari segi derajat kerusakan, kasus yang paling ekstrem adalah suksesi sekunder mulai segera setelah lahan pertanian ditinggalkan. Dalam situasi seperti ini, tanah adalah komponen tersisa dari sebuah ekosistem yang sebelumnya sudah mapan dan menunjang tegakan tumbuhan serta masih memiliki komunitas organisme tanah yang mapan. Karena suksesi sekunder berlangsung dalam konteks sebuah ekosistem mapan, suksesi mempunyai awal yang lebih maju dan perubahan vegetasi berjalan relatif cepat. Skala waktu dari fase pionir hingga ke fase keseimbangan relatif atau stabilitas dapat diukur dalam tahun atau dekade. Karena dalam suksesi sekunder jangka waktu relatif pendek, proses perubahan dapat dianggap sementara. Ini dapat diartikan bahwa perubahan evolusi dalam sifat-sifat ekologi jenis biasanya diabaikan. Jika sumber gangguan adalah gangguan yang terjadi berulang, seperti kebakaran di beberapa daerah, suksesi sekunder bahkan dapat dianggap sebagai gejala berdaur. Dalam beberapa kasus marginal, suksesi sekunder sukar dibedakan dari perubahan fenologi. Misalnya, sebatang pohon besar dalam hutan tua tumbang dan membentuk sebuah rumpang pada kanopi hutan tersebut. Suksesi sekunder akan terjadi dalam rumpang tersebut. Berbagai fase suksesi dalam rumpang seperti itu akan ditemukan di seluruh hutan. Kasus-kasus tersebut dapat diinterpretasikan sebagai sebuah ekspresi keseimbangan dinamika dari hutan dan merupakan bagian pola struktural normal dalam hutan. Jadi, ukuran luas juga penting dalam konsep suksesi dan gejala ukuran-kecil seperti itu dapat disebut **suksesi mikro** atau *serules* (Daubenmire 1968). Meskipun demikian, variasi mengenai ukuran seperti itu tidak merupakan masalah konseptual jika macam prosesnya dijelaskan dengan benar. Secara umum, suksesi dianggap perubahan vegetasi mengarah (*directional*), bukan perubahan berdaur (*cyclical*) (Kershaw 1964; Daubenmire 1968). Akan tetapi suksesi sekunder dapat dianggap baik sebagai perubahan siklik maupun mengarah bergantung kepada bagaimana skala-waktu akan ditekankan.

3. **Suksesi primer**, yang berbeda dari suksesi sekunder, adalah proses pembentukan komunitas yang mulai pada substrat yang tidak pernah menyangga suatu vegetasi sebelumnya. Ini adalah sebuah suksesi yang menghasilkan konsep klasik Clements dan lainnya seperti telah dikemukakan sebelum ini. Suksesi primer memerlukan waktu ratusan dan bahkan ribuan tahun. Ini bergantung kepada pertimbangan peneliti mengenai kondisi yang sudah mencapai fase keseimbangan atau klimaks (lihat Bab 13.5).

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

Dalam kurun waktu selama itu, perubahan-perubahan evolusi yang terkait dengan adaptasi jenis dan **spesiasi** (*speciation*) tidak dapat diabaikan. Misalnya, beberapa kawasan tropik tidak pernah mengalami penggundulan geomorfologi selama evolusi angiosperma. Oleh karena itu, bentuk-hidup tumbuhan primitif atau yang kurang terspesialisasi menempati kawasan yang sama yang sekarang tertutup hutan hujan dengan beraneka jenis tumbuhan yang telah berevolusi lanjut. Selanjutnya, secara ekologi jenis yang sama tidak dapat dianggap kostan dalam kurun waktu ratusan tahun. Ini tidak memengaruhi kenyataan suksesi primer, tetapi hal ini benar-benar memengaruhi konstruksi hipotesis mengenai suksesi primer.

Dalam pengertian evolusi, suksesi primer tidak pernah berdaur, tetapi melaju terus mengikuti waktu. Namun, dalam suatu kawasan, pada awalnya suksesi primer dapat saja berdaur atau secara tidak menentu berulang. Misalnya, di kawasan gunung berapi aliran lava dapat saja terjadi berulang-ulang dengan pola berdaur, atau tanah longsor di pegunungan dapat terjadi secara berulang juga. Akan tetapi, penuaan fisiografi pada tapak yang sama dapat terjadi tanpa batas sepanjang waktu. Substrat yang memungkinkan terjadinya suksesi primer dapat terbentuk karena pengendapan lumpur di danau, pembentukan hamparan banjir sepanjang sungai, atau dapat pula terjadi karena peristiwa geomorfologi yang memunculkan bahan batuan padat atau cair, pecahan-pecahan batu kasar atau halus maupun butir-butir pasir.

Clements menamakan **hidroser** (*hydroseres*) untuk suksesi yang berkembang pada lingkungan berair dan **xero-ser** (*xeroseres*) untuk yang berkembang pada lingkungan kering di darat. Cooper (1913) menggunakan istilah **hidrark** (*hydrarch*) dan **xerark** (*xerarch*) untuk dua gejala suksesi tersebut. Perbedaan awal kandungan air, yang menunjang baik komunitas pionir hidrofit atau komunitas pionir xerofit, diperkirakan akan menghilang dalam perjalanan proses suksesi primer. Apakah asumsi ini berlaku atau tidak akan dibahas kemudian (Bab 13.5). Suatu fakta bahwa bahan batuan melapuk setelah terbuka ke luar dan kandungan air tanah pada suatu saat akan membuatnya kondusif bagi perkembangan tumbuhan pada tapak tersebut, kecuali bila butir-butir halus menghilang karena erosi. Erosi seperti itu terjadi pada topografi berlereng. Demikian pula proses pengeringan badan air menjadi lahan darat menyebabkan perubahan dasar dalam substrat air yang memengaruhi pertumbuhan berbagai tumbuhan. Jadi,

perubahan yang mencolok dalam suksesi primer terkait dengan perubahan kondisi air dalam tanah.

Perubahan-perubahan seperti itu dianggap permanen karena mereka merupakan bagian dari proses penuaan fisiografi dan geomorfologi suatu **lanskap** (*landscape*). Suksesi tumbuhan yang terkait dengan transformasi substrat seperti itu disebut **suksesi fisiografi** (*physiographic succession*) (Cowles 1899). Ini merupakan suatu ciri pembeda penting suksesi primer. Tansley (1929; 1946) menyebut sebab-sebab perubahan tapak yang mengakibatkan perubahan vegetasi seperti itu **sebab-sebab alogen** (*allogenic causes*). Ia membedakan sebab-sebab tersebut dari **sebab-sebab autogen** (*autogenic causes*) yang diartikan bahwa sebab-sebab suksesi vegetasi tersebut berasal dari organisme itu sendiri. Suatu perubahan autogen, misalnya, dapat berupa menghilangnya sebuah jenis disebabkan oleh persaingan, interaksi alelokimia (Whittaker & Feeny 1971) atau parasitisme. Meskipun demikian, pemisahan sebab-sebab suksesi menjadi sebab autogen dan sebab alogen agak dibuat-dibuat. Misalnya, persaingan di antara tumbuhan pada akhirnya dikendalikan oleh faktor-faktor lingkungan biotik dan abiotik.

Kesempatan untuk meneliti suksesi primer lebih terbatas daripada penelitian suksesi sekunder. Selanjutnya, studi suksesi primer yang eksak hanya dapat dibuat untuk fase-fase tertentu saja, seperti invasi tumbuhan pada substrat yang baru terbuka atau perubahan jangka panjang vegetasi dari indeks-indeks dan rekaman sejarah. Pendekatan-pendekatan lain untuk melukiskan urutan-urutan suksesi primer masih merupakan suatu hipotesis. Meskipun demikian, pendekatan-pendekatan tersebut berguna untuk membangun teori. Misalnya, konsep yang umum dikemukakan (misalnya Odum 1971) adalah bahwa suksesi dari fase pionir sampai sebuah klimaks (atau kondisi seimbang) merupakan pemanfaatan secara menyeluruh sumber daya lingkungan dengan keanekaragaman jenis dan kompleksitas struktur yang semakin meningkat, dan bahwa stabilitas adalah akibat dari pemanfaatan dan pendaurulangan semua sumber daya yang tersedia, bukan penghilangan dari sistem. Konsep ini dapat diterapkan pada suksesi progresif, baik suksesi primer maupun suksesi sekunder, dan karena itu relatif, kecuali bila proses peningkatan diversitas jenis dan kompleksitas struktur didefinisikan dengan jelas. Dalam pengertian suksesi yang umumnya dipahami peningkatan diversitas jenis dan kompleksitas struktur hanya berarti peningkatan jumlah jenis dan bentuk-hidup di kawasan yang sama dari flora yang sudah ada. Dalam pengertian evolusi, proses yang sama berarti spesiasi, yaitu pembentukan takson baru. Suksesi sekunder melibatkan hanya proses tipe pertama, sedangkan



suksesi primer dapat bermula dengan yang pertama dan berlanjut ke yang kedua, yaitu spesiasi. Ini menambah kompleksitas tertentu bagi konsep suksesi primer yang telah mengakibatkan kontroversi. Sebenarnya kontroversi ini tidak perlu.

Banyak sekali suksesi sekunder dapat terjadi di dalam lintasan suksesi primer, sementara suksesi primer merupakan proses yang terbuka dan tidak terbatas. Fase akhir suksesi primer dapat ditentukan secara relatif sebagai sebuah titik dalam waktu ketika perubahan-perubahan vegetasi berjalan lambat. Masalah ini akan dibahas dalam Bab 13.5.

### 13.3 METODE PENELITIAN SUKSESI

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk penelitian perubahan vegetasi. Metode-metode ini dapat dibagi menjadi dua kategori umum; (a) penelitian di lokasi yang sama, dan (b) perbandingan berdampingan (*side-by-side comparison*). Pada umumnya kategori pertama lebih terandalkan daripada yang kedua.

#### 13.3.1 PENELITIAN DI KAWASAN YANG SAMA

Penelitian ini dapat dibuat dengan pendekatan berikut: (a) petak permanen, (b) penelitian **eksklosur** (*exclosure*), (c) foto udara yang diambil pada waktu berbeda, (d) rekaman sejarah dan berkas dokumen, dan (e) bukti perubahan yang terdapat pada komunitas sekarang.

**Penelitian petak permanen.** Dalam tegakan hutan, pohon-pohon dapat ditandai serta diameternya, perubahan tinggi, dan mortalitas diukur-ulang secara berkala. Semai-semai baru ditandai.

Vegetasi terna dapat ditelaah dan dievaluasi-ulang secara berkala pada sebuah **kuadrat-peta** (*chart-quadrat*) yang posisinya dibuat permanen. Evaluasi-ulang dapat dibuat dengan pemetaan penutup, pengukuran penutup dengan metode **frekuensi-titik** (*point-frequency*), penghitungan individu, dan dengan rekaman foto.

Kita dapat juga mengevaluasi vegetasi terna dalam petak yang lebih besar tanpa memperhatikan lokasi pasti setiap cuplikan sebelumnya dengan mencuplik-ulang secara sistematis atau lokasi acak yang menurut statistika dianggap memadai (lihat Bab 6.4). Pada umumnya, metode-metode kuantitatif yang diuraikan dalam Bab 6 dan 7 dapat digunakan untuk pengukuran-ulang berkala komunitas guna mengevaluasi perubahan-perubahan suksesi.

Bila perubahan kuantitas jenis cepat dan terutama bila perubahan sifatnya kualitatif, suksesi dapat juga diteliti dalam releve permanen dengan menggunakan metode Braun-Blanquet (Mueller-Dombois & Spatz 1972).

**Penelitian eksklosur.** Tipe khusus penelitian suksesi ini terkait dengan penelaahan jalannya perkembangan komunitas yang dilindungi dengan pagar (eksklosur) dari perumputan oleh hewan. Pada dasarnya sama dengan penelitian suksesi pada petak permanen, tetapi tanpa analisis awal komunitas ketika pagar dibuat sekitar petak penelitian. Sebuah eksklosur biasanya memungkinkan perbandingan eksperimen suksesi yang terhenti atau bahkan suksesi regresif di luar dengan suksesi yang terjadi dalam eksklosur.

**Penelitian foto udara yang diambil pada waktu berbeda.** Foto udara yang diambil pada waktu berbeda merupakan alat yang bagus sekali untuk penelitian suksesi. Akan tetapi, data rinci yang dapat diperoleh dibatasi oleh masalah skala, dan biasanya hanya perubahan-perubahan struktur umum yang dapat dievaluasi dengan teknik ini, seperti perkembangan dari penutup rumput menjadi penutup tumbuhan berkayu atau perubahan dominansi jenis pohon tertentu.

Pembandingan foto udara didasarkan pada prinsip yang sama dengan metode petak permanen, tetapi kedua metode tersebut menyajikan seperangkat informasi yang sangat beda.

**Rekaman sejarah dan berkas dokumen.** Pertelaan tertulis tentang penutup vegetasi suatu kawasan pada masa lalu dapat mengungkap informasi bermanfaat tentang suksesi, khususnya bila dilengkapi dengan peta-peta vegetasi dan foto-foto pada zaman dahulu. Manfaat informasi seperti itu bergantung seluruhnya kepada tujuan penelitian. Kecenderungan suksesi yang pasti biasanya tidak terkuak dari rekaman tersebut.

**Bukti perubahan yang ditemukan dalam komunitas sekarang.** Ada dua sumber umum bukti perubahan, (a) sisa-sisa organisme dalam tanah, dan (b) struktur populasi jenis yang ada sekarang.

(a) **Sisa-sisa organisme dalam tanah.** Dalam kondisi tertentu, informasi tentang suksesi dapat diperoleh dari sisa-sisa organisme seperti arang, fosil dan polen (serbuk sari) yang diawetkan dalam substrat. Kehadiran arang dalam tanah di padang rumput memberikan bukti tentang dua hal—kehadiran vegetasi tumbuhan berkayu pada masa lalu dan terjadinya kebakaran pada suatu waktu. Fosil diawetkan hanya pada substrat yang tergenang air, jadi pada waktu pengendapan oksigen didesak keluar. Polen juga diawetkan dalam

tanah kering, misalnya dalam humus kasar. Analisis polen untuk meneliti perkembangan vegetasi merupakan bidang studi utama dalam palinologi. Tentu saja bentuk lain informasi sejarah dalam tanah biasa adalah sisa-sisa kehidupan manusia pada masa lalu, seperti tembikar, alat-alat atau tulang. Tetapi, sisa-sisa seperti itu menyajikan informasi tentang lanskap masa lalu, bukan langsung tentang vegetasi.

- (b) **Struktur populasi jenis yang ada sekarang. Analisis struktur jenis berkayu.** Suatu analisis jenis tumbuhan berkayu sebuah komunitas menurut kelas ukuran dan/atau kelas umur dapat menguak kecenderungan penting suksesi. Sebuah jenis yang mempunyai individu dengan kelas ukuran kecil dalam jumlah besar dan hanya sedikit dalam kelas ukuran besar menunjukkan kemampuan bereproduksi aktif dan mempertahankan lokasinya atau invasi dari lokasi sekitarnya. Interpretasi, apakah kecenderungan tersebut menunjukkan kemampuan mempertahankan lokasi atau invasi, harus diperoleh dari bukti-bukti lain, misalnya analisis tegakan sekitarnya. Jenis yang menunjukkan kecenderungan sebaliknya atau tidak ada reproduksi sama sekali dapat diinterpretasikan bahwa jenis tersebut menghilang dari komunitas. Tetapi, penting juga diperhatikan kemampuan bertahan dan laju pertumbuhan jenis. Umur individu berukuran besar berkisar banyak, tetapi kisaran ukurannya kecil. Jadi, individu berukuran kecil dengan jumlah sedikit cukup untuk dapat mempertahankan populasi. Atau, jenis dengan laju pertumbuhan cepat dapat mempertahankan diri secara aktif meskipun diwakili hanya oleh beberapa individu berukuran kecil dan banyak individu berukuran besar.

Analisis struktur tegakan adalah alat paling penting untuk memperoleh informasi tentang suksesi (Braun 1950), karena data petak permanen tidak tersedia. Rekaman kelas ukuran adalah informasi terbaik berikutnya setelah pengukuran berulang dalam petak-petak permanen (untuk metode lihat Bab 7.3.1).

**Komposisi jenis sekarang.** Aichinger (1949; 1951) menentukan sejumlah tipe komunitas tumbuhan bawah dalam tegakan runjung (*scotspine*) di Austria sebagai **tipe perkembangan vegetasi** (*vegetation development type*). Ia dapat mengevaluasi setiap komunitas menurut jenis yang datang (bertambah) dan pergi (berkurang) yang terdapat bersama-sama dengan jenis yang aktif bereproduksi dan yang secara kualitatif seimbang. Dengan cara ini, ia dapat mengelompokkan

komunitas-komunitas yang terdapat berdampingan ke dalam sebuah urutan suksesi atau perkembangan.

Pendekatan serupa digunakan oleh Curtis & McIntosh (1951), yang mengatur tegakan-tegakan cuplikan di hutan Wisconsin menurut urutan banyaknya pohon *sugar maple*, *Acer saccharum* (lihat Bab 10.7.1). Tegakan dengan jumlah *Acer saccharum* tertinggi dianggap sebagai tegakan suksesi yang paling maju. Semua tegakan diatur peringkatnya menurut kaitannya dengan tegakan tersebut dan urutan yang dihasilkan diinterpretasikan sebagai **urutan waktu** (*chronosequence*).

Interpretasi seperti itu hanya dapat dipertahankan secara ilmiah bila lintasan suksesi vegetatasi telah diketahui dari penelitian petak permanen.

Penelitian suksesi berdasarkan interpretasi komposisi jenis sekarang sering dianggap sebagai sebuah hipotesis, seperti yang akan dibahas berikut ini.

### **13.3.2 PEMBANDINGAN BERDAMPINGAN**

Kecenderungan suksesi (perubahan menurut waktu) biasanya dinilai dari sebuah studi komunitas sejaman yang terdapat berdampingan, yaitu secara geografi di tempat terpisah. Alasan kenapa sebagian besar kesimpulan tentang suksesi didasarkan kepada pendekatan berdampingan adalah bahwa hanya sedikit peneliti mempunyai kesempatan mengikuti perubahan-perubahan yang terjadi pada habitat yang sama untuk waktu yang lama. Bukti-bukti lain tentang perubahan pada habitat yang sama dari rekaman tertulis atau sisa-sisa organisme adalah sesuatu yang jarang.

Umumnya, informasi tentang suksesi disimpulkan dari studi berbagai komunitas yang tanggal gangguan atau waktu mulai suksesi tidak diketahui. Dalam kasus-kasus seperti ini, komunitas-komunitas yang berdampingan disusun menurut urutan waktu berdasarkan perbedaan relatif dalam perkembangan komunitas. Keabsahan perlakuan demikian bergantung kepada pengetahuan yang mendalam tentang ekologi seluruh kawasan yang diteliti dan sering kali dalam perlakuan demikian termasuk juga unsur hipotesis yang kuat. Penelitian yang lebih baik seperti ini dilengkapi dengan data tentang struktur populasi sekarang.

Substrat-substrat yang sangat serupa dengan tanggal berbeda tentang pembentukannya menyajikan landasan yang sangat bermanfaat dalam penelitian suksesi. Substrat-substrat demikian termasuk aliran lava dengan umur berbeda,

substrat abu vulkanik, dan substrat-substrat berbeda umur seperti tanah longsor, tepian pasir, dan bukit pasir. Demikian pula kesempatan untuk studi suksesi melalui penelaahan berdampingan dapat diperoleh pada ekosistem yang terganggu sebagian dengan tanggal berbeda, seperti pembalakan, kebakaran, atau suatu bentuk pengelolaan yang tidak dilanjutkan, seperti padang penggembalaan atau lahan budi daya yang tidak lagi digunakan untuk kegiatan pertanian.

Semua penelitian tersebut harus mengikuti satu kriteria penting dengan taat. Kecuali waktu gangguan atau mulainya suksesi, semua faktor-faktor ekologi lain harus sejauh mungkin dipertahankan konstan, khususnya iklim dan tipe tanah harus sama di kawasan yang dibandingkan berdampingan. Kita tidak dapat menyimpulkan suatu urutan waktu atau kronosekuen perkembangan vegetasi dari perbandingan komunitas yang ada dalam lingkungan yang beriklim basah hutan hujan dengan vegetasi yang terdapat di daerah beriklim kering musiman. Demikian pula kita tidak dapat menyimpulkan kronosekuen dengan benar dari penelitian struktur komunitas pada substrat dengan sifat-sifat fisik atau sifat-sifat kimia berbeda. Suatu contoh salah kaprah umum adalah menarik kesimpulan tentang suksesi dari komunitas pada tanah-tanah dengan kedalaman berbeda di atas lapisan batu. Wendelberger (1953) menemukan bahwa tanah-tanah tersebut sudah mencapai keseimbangan dengan faktor iklim dan bahwa tanah-tanah tersebut sejak semula mempunyai kedalaman berbeda. Oleh karena itu, kita tidak dapat menyimpulkan bahwa komunitas-komunitas tersebut membentuk suatu urutan waktu.

Karena iklim dan tanah bervariasi dari tempat ke tempat, kita tidak mungkin mempertahankan semua faktor ekologi konstan, kecuali waktu. Atas dasar ini, penting sekali untuk diingat bahwa suatu kawasan harus diteliti dengan mendalam sehingga ekologinya diketahui dengan baik sebelum diinterpretasikan bahwa komunitas-komunitas tersebut membentuk sebuah pola kronosekuen atau suksesi. Ini dapat diartikan bahwa semua titik geografi di kawasan yang diteliti tersebut dapat dimasukkan ke dalam sebuah pola klasifikasi habitat (Bab 11.2.).

### **13.4 CONTOH-CONTOH SUKSESI**

Suksesi telah banyak mendapat perhatian dalam pustaka ekologi sehingga tinjauan tentang subjek ini akan mengisi seluruh buku. Sudah pasti tidak ada ruang untuk menampung tinjauan tersebut dalam buku ini. Untuk itu, kita akan memusatkan pembahasan pada beberapa contoh yang dapat menjelaskan beberapa asas yang dapat diterapkan secara umum.

### 13.4.1 SUKSESI PRIMER

Menurut pemahaman klasik, suksesi dibagi menjadi suksesi xerark dan suksesi hidrark. Tetapi, untuk membedakan fakta dari hipotesis dalam penelitian suksesi primer, tampaknya cukup untuk membagi topik ini menjadi (a) suksesi pada substrat stabil dan (b) suksesi pada substrat tidak stabil.

#### 13.4.1.1 Suksesi pada Substrat Stabil

Sebenarnya tidak ada substrat yang secara permanen stabil. Tetapi, sudah merupakan hal biasa bahwa bukit pasir, dataran aluvial dengan pengendapan lumpur berkala, posisi lereng curam tertentu terus-menerus kehilangan tanah, atau dasar lereng menerima endapan koluviyal secara berkala atau secara menerus terkait dengan substrat tidak stabil. Yang diartikan dengan substrat stabil di sini adalah perubahan berbagai komponen tanah yang berupa perubahan penting dalam topografi atau kondisi air tanah, suksesi fisiografi tidak dapat ditemukan dalam petak permanen atau dalam kurun waktu umur peneliti. Ini termasuk sebagian besar suksesi pada batu dan endapan glasial yang sering dikutip dalam literatur. Pada substrat yang stabil seperti itu, indikasi suksesi pada substrat yang sama dapat diperoleh dari perubahan-perubahan struktur populasi jenis, bukan dari bukti-bukti fisiografi. Indikasi suksesi fisiografi selalu diperoleh dari perbandingan berdampingan substrat-substrat berbeda, yang biasanya berakhir dengan kesimpulan yang tergesa-gesa.

Studi Cooper (1913) tentang hutan klimaks di Isle Royale (Lake Superior) sebenarnya bagus sekali, tetapi interpretasinya tentang suksesi terlalu banyak menekankan kepada dinamisme. Tidak diragukan bahwa Isle Royale muncul sebagai pulau batu gundul beberapa waktu setelah glasiasi (sekitar 10.000 tahun yang lalu) yang kemudian di situ barangkali telah terjadi suksesi xerark, seperti dipertelakan Cooper, tetapi hutan klimaks yang terdapat di situ tidak berkembang dari sebuah hidroser. Cooper menyatakan bahwa pohon-pohon klimaks (*Abies balsamea*, *Betula alba* var. *papyrifera*, dan *Picea canadensis*) telah memasuki fase-fase akhir hidroser. Mungkin sekali ia menangani ekoton spasial (zona transisi) di mana jenis-jenis dari darat dapat bertumpang-tindih dengan jenis-jenis dari habitat agak berawa. Situasi ini dapat dipertelakan sebagai amplitudo ekologi yang besar dari jenis klimaks tersebut, tetapi tidak dapat serta-merta dikatakan sebagai penurunan permukaan air atau perkembangan tanah ke atas. Interpretasi Cooper yang berlebihan tentang deretan spasial ekologi dalam pengertian deretan

waktu tanpa ada bukti bahwa komunitas klimaks nir-iklim (*nonclimatic climax*) pada kenyataannya masih memberi jalan bagi perkembangan komunitas klimaks iklim di daerah itu (untuk penjelasan tentang konsep klimaks lihat Bab 13.5).

Suksesi primer pada endapan batuan lava telah diteliti di lokasi yang sama selama sembilan tahun pada lantai Kawah Kilauea Iki, Hawaii (Smathers & Mueller-Dombois 1972). Kawah tersebut terdapat dalam iklim hutan hujan pegunungan tropik pada elevasi 1.200 m dpl, dengan curah hujan tahunan sekitar 2.500 mm dan curah hujan bulanan lebih dari 100 mm, kecuali pada bulan Juni, ketika curah hujan sedikit kurang dari 100 mm. Suhu rata-rata sekitar 16<sup>o</sup> C.

Urutan invasi bentuk-hidup dan gerak majunya direkam pada Tabel 13.1. Satu tahun setelah lava baru diendapkan pada lantai kawah, bentuk-hidup makroskopik yang muncul pertama kali adalah tiga: satu ganggang (*Stigonema panniforme*), dua lumut (*Campylopus densifolius* dan *C. exasperatus*), dan sebuah paku-pakuan (*Nephrolepis exaltata*). Bentuk-hidup kriptogam keempat adalah sebuah lumut kerak (*Stereocaulon volcani*), yang muncul pada tahun ketiga setelah substrat baru terbentuk. Tumbuhan berbiji baru muncul pada tahun keempat. Empat di antaranya adalah jenis berkayu sklerofil (sebuah pohon potensial *Metrosideros collina*, dua perdu *Vaccinium reticulatum* dan *Dubautia scabra*, serta sebuah perdu kecil atau terna setengah berkayu *Hedyotis centranthoides*) dan satu adalah tumbuhan introduksi, yaitu sebuah terna mikrofil setengah berkayu (*Lythrum maritimum*). Tumbuhan introduksi menghilang pada tahun berikutnya dan hanya empat jenis tumbuhan berkayu asli tumbuh mapan. Setelah tahun keempat, bentuk-hidup tumbuhan berbiji lain menginvasi permukaan lava, termasuk rumput perenial dan tumbuhan berkayu berdaun lunak.

Pada tahun kesembilan, tiga komunitas pionir telah terbentuk:

1. Komunitas pionir kriptogam terdiri atas ganggang, lumut, paku-pakuan, dan lumut kerak. Komunitas ini terdapat di sekeliling kawah dan telah jauh maju ke arah pusat.
2. Komunitas pionir tumbuhan fanerogam terdiri atas bentuk-hidup yang disebut di atas ditambah dengan tumbuhan berbiji asli. Komunitas ini juga terdapat di sekeliling kawah, tetapi belum maju ke arah pusat kawah sejauh komunitas murni kriptogam.
3. Komunitas pionir tumbuhan fanerogam yang lebih kompleks, yang mencakup juga tumbuhan berbiji eksotik. Jenis tambahan lain semuanya berupa perenial bedaun lunak, termasuk dua perdu asli (*Cyrtandra* sp. dan *Coprosma ochracea*). Komunitas ini lebih kompleks karena kandungan

bentuk-hidupnya lengkap, calon-calon pohon, perdu, terna perenial, dan rerumputan.

Tumbuh bersama-sama dengan semai *Metrosideros* adalah jenis eksotik *Buddleja asiatica* yang berpotensi berkembang menjadi pohon. Semua perdu adalah tumbuhan asli, seperti empat jenis yang disebut di atas. Kecuali *Hedyotis centranthoides*, tumbuhan terna semuanya adalah jenis introduksi, yaitu terna tinggi bertangkai bunga tak berdaun *Anemone japonica*, sebuah terna merayap berselantar (*stoloniferous*) *Fragraria vesca* var. *alba*, dan tiga rumput perenial *Paspalum dilatatum*, *Andropogon virginicus* dan *Setaria geniculata*. Pada tahun kesembilan, komunitas ini hanya memasuki beberapa meter saja bagian lantai kawah yang lebih lembap, di mana vegetasi di sekitarnya tidak terganggu.

Jelas gerak maju memasuki substrat baru pada tiga komunitas pionir tersebut di atas berbeda sekali.

Benar bahwa komunitas-komunitas tersebut dapat dibedakan sebagai entitas terpisah menurut waktu pemunculan, sebaran spasial, dan komposisi bentuk-hidup, tetapi mereka terdapat hanya sebagai komunitas yang bertumpangtindih. Di sini tampak bahwa komunitas kriptogam pertama bertahan dalam komunitas fanerogam kedua dan dua komunitas tersebut bertahan dalam komunitas fanerogam ketiga yang lebih kompleks. Oleh karena itu, suksesi dalam perspektif pergantian populasi belum terjadi dalam waktu sembilan tahun pertama setelah letusan berhenti. Suksesi telah terjadi hanya dalam bentuk invasi dan pengayaan jenis. Jumlah jenis tumbuhan makroskopik bertambah cepat dari 4 pada tahun pertama sampai 30 pada tahun kesembilan (Tabel 13.1).

Sementara zona tumbuhan meluas cepat dari tahun ke tahun, dari tepi ke pusat lantai kawah, pengisian tumbuhan dalam zona sendiri berjalan sangat lambat.

Informasi ini disampaikan dalam Tabel 13.2. Luas kumulatif transek yang terisi dalam meter diperoleh dengan menjumlahkan gerak-maju tahunan tumbuhan sepanjang empat transek lebar 1 meter yang ditunjukkan pada Tabel 13.1. Jadi, zona tumbuhan meluas dari semula 11 m pada tahun pertama sampai 610 m pada tahun kesembilan. Perluasan zona hidup ini ditentukan oleh gerak-maju ganggang.



## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

**Tabel 13.1** Gerak maju tumbuhan dari tepi lantai kawah menuju pusat kawah di Kilauea Iki, Hawaii (dari Smathers & Mueller-Dombois 1972)

ARAH PADA LANTAI KAWAH	TAHUN SETELAH LETUSAN	1960	1961	1962	1963	1966	1968	JARAK TOTAL KE PUSAT
		1	2	3	4	7	9	
Timur Laut	Transek 'a' <sup>10</sup>	11 m	11 m	31 m	22 m	150 m	250 m	320 m
Barat Laut	'b'	—	—	10 m	30 m	80 m	120 m	385 m
Barat Daya	'c'	—	—	30 m	40 m	60 m	120 m	340 m
Tenggara	'd'	—	3 m	40 m	48 m	90 m	120 m	400 m
	Jumlah jenis	4	6	10	17	23	30	
	Bentuk hidup:							
	Ganggang	1	2	4	4	5	5	
	Lumut	2	2	3	3	4	5	
	Paku-pakuan	1	2	2	3	4	5	
	Lumut kerak	—	—	1	2	2	2	
	Tumbuhan berpembuluh tinggi	—	—	—	5	8	13	

<sup>10</sup>Transek dengan lebar 1 m

Tabel 13.2 menunjukkan bagaimana zona hidup yang meluas itu diisi oleh bentuk-hidup yang berbeda. Rekaman diberikan dalam bentuk persentase frekuensi dari jumlah total area transek yang diisi oleh tumbuhan. Tampak bahwa pada tahun pertama ganggang mengisi zona hidup yang meluas dengan 100 persen frekuensi. Kecuali pada tahun ketiga, frekuensinya tetap tinggi. Tahun ketiga adalah tahun kering tidak biasa dengan curah hujan rata-rata 1.000 mm di bawah normal. Ini menyebabkan pengeluaran uap air panas berkurang dan mungkin penyebab atas menipisnya ganggang pada tahun itu. Demikian pula paku-pakuan terpengaruh sama. Ditunjukkan pula bahwa frekuensi bentuk-hidup lain jauh lebih rendah ketimbang frekuensi ganggang. Hanya lumut kerak bertambah cepat dalam sebarannya yang seragam setelah pemunculannya pada tahun ketiga, dan mereka mencapai sebaran serupa yang hampir seragam dalam zona hidup, seperti ganggang pada tahun ketujuh. Sebaran paku-pakuan dan lumut kurang seragam dengan frekuensi antara 16 dan 22 persen setelah tahun keempat. Tumbuhan berbiji sangat terpecah dengan frekuensi kurang dari 1 persen setelah mereka muncul pada zona tumbuhan pada tahun keempat.

**Tabel 13.2** Frekuensi dalam persen tumbuhan pada luasan lantai kawah yang diisinya (dari Smathers & Mueller-Dombois 1972)

Tahun setelah letusan	1960	1961	1962	1963	1966	1968
	1	2	3	4	7	9
Luas transek kumulatif yang terisi <sup>a</sup>	11	14	111	140	380	610
Ganggang	100	93	43	87	97	97
Lumut	0.9	29	22	22	21	20
Lumut kerak	—	—	26	51	92	77
Paku-pakuan	27	50	11	16	20	18
Tumbuhan berbiji	—	—	—	0.4	0.6	0.6

<sup>a</sup> Setiap luas mengacu kepada transek dengan lebar 1 m

Sementara Tabel 13.2 memberi indikasi proses pengisian di dalam area yang ditempati tumbuhan, permukaan aliran lava pada tahun kesembilan setelah letusan masih tampak gundul. Ini disebabkan oleh kenyataan bahwa penutup tumbuhan masih belum penting. Di mana pun hadir dalam petak kuadrat satu meter, jenis hanya menduduki kurang dari 0,1 persen permukaan.

Selanjutnya, masing-masing bentuk-hidup menduduki mikrohabitat berbeda. Paku-pakuan dan tumbuhan berbiji hanya tumbuh pada retakan-retakan dan celah-celah lava *pahoehoe* (yaitu lava dengan permukaan halus seperti plesteran). Paku-pakuan dapat tumbuh dengan rimpang yang menempel di permukaan batuan pecah dalam retakan-retakan tersebut, sedangkan tumbuhan berbiji hanya tumbuh pada celah-celah di mana akar-akarnya agak terbenam dalam tumpukan pecahan-pecahan batu atau abu yang tertiuip angin. Ganggang, lumut dan lumut kerak dapat tumbuh pada permukaan halus lava *pahoehoe*. Tetapi, koloni ganggang dapat ditemukan terutama terbenam dalam lubang-lubang batu. Lumut barangkali juga memulai dengan protonemata dalam lubang-lubang, sedangkan sporofit lumut yang telah berkembang tumbuh pada permukaan batuan dan juga di celah-celah. Lumut kerak awal juga terdapat pada lubang-lubang batuan permukaan, tetapi segera melebar ke permukaan yang terbuka. Ganggang dan lumut berkembang baik pada habitat mikro yang mendapat air dari kondensasi uap air dan saluran, tetapi lumut kerak tidak terdapat di tempat-tempat seperti itu.

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

Fase-fase awal suksesi primer pada batuan lava seperti dilaporkan dalam studi ini mengikuti urutan evolusi tumbuhan dari bentuk-hidup kriptogram tidak berpembuluh yang lebih primitif melewati kriptogram berpembuluh (paku-pakuan) ke tumbuhan terna berbunga berpembuluh dan berkayu.

Gimnosperma (tumbuhan berpembuluh dengan biji telanjang yang lebih primitif) meskipun membentuk fase penting dalam evolusi tumbuhan, tidak muncul dalam suksesi. Gimnosperma tidak tersedia sebagai sumber biji dan tidak pernah datang ke Kepulauan Hawaii secara alami. Pengamatan lain yang mungkin mempunyai nilai evolusi penting dalam perkembangan ekosistem yang ditunjukkan dalam Tabel 13.1 adalah bahwa dua kecenderungan tampaknya terjadi hampir bersamaan. Pertama adalah kedatangan lebih dari satu jenis yang siap untuk memanfaatkan relung umum yang sama. Misalnya, jumlah jenis ganggang makroskopik yang siap untuk tumbuh pada permukaan yang halus naik menjadi lima pada tahun ketujuh. Kecenderungan lain adalah perkembangan kompleksitas struktur dengan kedatangan bentuk-hidup berbeda yang siap memanfaatkan bagian-bagian yang sangat berbeda dari habitat yang sama. Misalnya, ganggang, lumut, dan paku-pakuan datang bersama-sama pada tahun pertama. Setiap bentuk-hidup menempati relung-relung umum berbeda, ganggang menempati lubang-lubang pada permukaan lava, lumut pada dasar celah-celah, sedangkan paku-pakuan menempel dengan rimpangnya pada dinding-dinding celah tertentu. Selain itu, terdapat pula relung-relung yang bertumpang-tindih, tetapi tidak terdapat bukti persaingan antarberbagai bentuk-hidup. Meskipun demikian, seperti tampak dari gerak-maju tiga komunitas pionir, peningkatan dalam kompleksitas struktural tertinggal agak jauh di belakang penambahan jenis dari bentuk-hidup atau kelompok struktural yang sama.

Sebuah urutan yang dilihat secara teleskopik tentang simulasi evolusi tumbuhan dalam suksesi primer hanya dapat diharapkan tampak pada permukaan batuan-batuan kasar dan juga tidak selalu pada substrat-substrat geologi baru yang telah terpecah-belah menjadi bubuk. Ini termasuk substrat abu gunung, endapan glasial, bukit pasir, dsb. Di sini tumbuhan berpembuluh dapat diharapkan di antara tumbuhan makroskopik pertama. Misalnya, pada endapan abu mentah dari letusan Kapoho tahun 1960, teki-teki (*Cyperus polystachyos*) terdapat sebagai salah satu tumbuhan pertama. Pada bukit pasir, rumput-rumput berimpang biasanya merupakan tumbuhan pertama yang menginvasi habitat ini (Cowles 1899; Ellenberg 1963; Daubenmire 1968).

Oleh karena itu, urutan yang digeneralisasi tentang bentuk-hidup tumbuhan dalam suksesi hanya dapat dikatakan dalam kaitannya dengan jenis substrat dan ketersediaan bibit untuk disebar (*disseminules*). Suatu variabel penting yang perlu diperhatikan adalah iklim makro.

Suksesi pada batuan vulkanik yang telah dipertelakan tentu saja hanya permulaan dari suatu suksesi primer, yang dapat dikatakan bahwa dari sini akan berjalan terus tidak terbatas atau menuju fase klimaks. Untuk memperoleh gambaran bagaimana kecenderungan masa depan, kita harus berpaling kepada perbandingan berbagai komunitas yang ada yang umurnya secara berurutan berbeda. Untuk dapat melakukan proses ini diperlukan pengetahuan yang baik sekali tentang ekologi kawasan tersebut.

Di kawasan-kawasan yang umur komunitasnya tidak dapat ditentukan, kita hanya dapat memanfaatkan kecenderungan bagaimana jenis utama mempertahankan kehadirannya, yang dapat diperoleh dari analisis struktur, pengukuran berkala pada petak permanen, dan pengetahuan autekologi jenis utama, misalnya saja dari segi toleransi relatif terhadap naungan. Bila sekiranya umur komunitas diketahui, kita dapat menambahkan skala-waktu terhadap suksesi. Ini sangat penting untuk menjawab pertanyaan tentang dinamika suatu suksesi. Tentu saja umur komunitas dalam suksesi primer tidak dapat ditentukan hanya dengan menghitung lingkaran pertumbuhan kayu. Alih-alih, kita harus mengetahui waktu asal-mula sebuah komunitas, yang mungkin terkait erat dengan umur substrat.

Studi seperti itu telah dilakukan oleh Atkinson (1969; 1970) pada aliran lava di Hawaii yang telah diketahui umurnya. Penelitiannya termasuk kawasan pegunungan beriklim basah dekat Kilauea Iki. Ia menerapkan analisis tanah untuk menentukan laju kehilangan kalsium, penambahan titanium, dan penurunan pH sebagai cara menentukan umur aliran lava prahistoris, karena umur aliran lava yang ada hanya mencakup sekitar 200 tahun terakhir. Ia mengenal beberapa tahap dari aliran lava gundul sampai ke hutan hujan melalui tahap lumut kerak *Stereocaulon* - paku *Nephrolepis*, tahap *Dicranopteris* yang kusut dengan sebaran pohon *Metrosideros* berukuran kecil, sampai ke hutan *Metrosideros-Cibotium* (paku pohon). Atkinson yakin bahwa hutan hujan tertutup yang disebut terakhir ini, dalam bentuknya sekarang yang dapat hidup lestari, dicapai dalam waktu 400 tahun. Ini mungkin laju tercepat yang pernah tercatat dari suksesi primer untuk mencapai tahap komunitas hutan yang hidup lestari. Ini dapat dipahami karena kawasan penelitian ini terletak dalam iklim basah dengan suhu yang sangat menguntungkan untuk pertumbuhan sepanjang tahun.

Yang disebut hutan hujan lestari tersebut terdapat pada batuan lava yang baru mulai melapuk. Oleh karena itu, perubahan tapak atau suksesi fisiografi tidak terjadi dalam suksesi primer tersebut. Untuk melihat kasus tersebut kita harus pergi ke pulau lain dari deretan pulau-pulau Hawaii yang lebih tua, di mana batuan lava telah berubah menjadi tanah. Tanah yang terbentuk berupa tanah Oksisol atau Ultisol dan pada tanah tersebut dapat dijumpai bahwa paku pohon hanya merupakan komponen kecil saja. Alih-alih, terdapat sejumlah pohon-pohon asli kecil dan perdu. Umur tanah di sini sudah beberapa juta tahun. Pohon *Metrosideros collina* yang tumbuh pada tanah ini bahkan terdiri atas beberapa varietas, yang menunjukkan bahwa perubahan evolusi telah masuk sebagai sebuah variabel ke dalam konsep suksesi primer.

#### **13.4.1.2 Suksesi pada Substrat yang Tidak Stabil**

Suksesi seperti ini adalah suksesi primer yang substrat tapaknya berubah bersama-sama dengan perubahan vegetasi. Yang disebut bersama-sama di sini adalah bahwa perubahan-perubahan tapak terjadi sangat cepat sehingga perubahan-perubahan komunitas tampak berkorelasi erat dengan perubahan-perubahan tapak. Misalnya, suksesi bukit pasir klasik dari Cowles (1899) adalah suksesi semacam itu; banyak pula hidrosfer termasuk ke dalam kategori ini.

Suksesi bukit pasir daratan yang dipertelakan oleh Cowles dibuat dari perbandingan bukit-bukit pasir dengan penutup tumbuhannya. Jadi, kesimpulan Cowles tentang urutan ekologi menurut waktu berasal dari urutan yang kenyataannya terjadi dalam ruang, yaitu dari seri ekologi. Meskipun demikian, perbandingan berdampingan ini dilakukan dengan cermat sehingga urutan waktu yang diperoleh tampak sangat meyakinkan. Ia mengenal sebuah sistem bukit pasir yang membentang dari pantai (dekat pantai Danau Michigan) ke bukit pasir yang baru terbentuk dan tidak bergerak ke bukit pasir yang aktif berpindah-pindah sampai ke bukit pasir yang pasif dan sudah mantap. Ia menerangkan dengan jelas ketergantungan satu terhadap yang lain dari sistem bukit pasir ini dengan kekuatan angin yang menguasai dan komunitas tumbuhan pada tipe bukit-bukit pasir yang berbeda. Ia mengamati bahwa besarnya bukit pasir yang tidak bergerak terkait dengan bentuk-hidup tumbuhan. Bukit pasir terkecil tertutup rerumputan, seperti *Ammophila arundinacea*. Rumput ini mempunyai sistem rimpang yang rumit yang menambat pasir tertiuap angin sehingga gundukan pasir menyebar luas secara lateral. Sebaliknya, rumput bukit pasir lain yang ditumbuhi *Elymus canadensis* agak sempit karena rumput ini

tidak membentuk rimpang. Bukit-bukit pasir yang ditumbuhi *Salix adenophylla* atau *Prunus pumila* lebih besar daripada bukit pasir rumput, baik tingginya maupun luasnya, karena *Salix* dan *Prunus* mempunyai sistem perakaran vertikal dan lateral yang ekstensif. Bukit pasir *Populus monilifera* adalah yang tertinggi dan tidak melebar karena pohon ini tumbuh tinggi dan tidak menyebar secara horizontal.

Ia menerangkan perubahan dari satu tipe bukit pasir ke yang lain di kompleks bukit pasir yang bergerak sebagai suatu ketidakmampuan dari masing-masing bentuk-hidup tumbuhan dominan untuk tumbuh dengan penimbunan pasir yang terus-menerus di luar titik ambang tertentu. Titik ambang ini dicapai bila sistem perakaran terputus dari batas kapiler permukaan air tanah. Bila akhirnya bukit-bukit berkembang melampaui semua bentuk-hidup, mereka menjadi bukit-bukit pasir yang berpindah-pindah atau mengembara. Mereka bergerak bersama-sama dengan tiupan angin, baik sampai mereka menjadi lebih kecil, yang kemudian dapat mengulang lagi urutan perubahan tumbuhan, maupun sampai mereka bergerak ke suatu lokasi di mana angin tidak lagi mengumpulkan pasir di luar kemampuan komunitas yang sedang berkembang untuk menambat pasir. Dalam kasus yang terakhir ini, bukit pasir menjadi pasif atau “mantap”.

Di bukit pasir yang telah mantap ini, Cowles mengamati semak rendah *Tilia americana* bersama-sama tumbuhan di dasar sungai dan sebelahny terdapat hutan tinggi *Tilia*, yang diyakininya sebagai tahap perkembangan berikutnya. Hutan *Acer saccharinum* dan *Fagus ferruginea* terdapat juga pada posisi topografi yang sama, dan ia percaya hutan ini membentuk tipe klimaks normal atau tipe stabil akhir di daerah danau (*lake region*). Pada lereng bukit pasir mantap yang menghadap angin bertiup (*windward*), ia mencatat komunitas yang sangat berbeda dengan tumbuhan malar hijau yang dominan, yang tampaknya berkembang dari kerangas (yaitu *Arctostaphylos urva-ursi*, *Juniperus communis*) hingga ke hutan pinus (*Pinus banksiana*, *P. strobus*, *P. resinosa*). Ia mencatat bahwa hutan pinus pada lereng bukit pasir mantap, yang menghadap angin bertiup, mudah sekali rontok karena gangguan yang disebabkan sedikit perubahan kondisi fisik substrat. Kondisi ini dapat mengakibatkan terjadinya suksesi regresi, yang diikuti oleh siklus bukit pasir dan siklus hidup komunitas baru. Ia juga mengamati bahwa di sebelah selatan kawasan danau, *Quercus tinctoria* dapat mengikuti hutan pinus, tetapi ia berhati-hati untuk tidak mengatakan bahwa ini suatu fakta.

Jadi, kesimpulan Cowles tentang urutan waktu atau kronosekuen dari tipe-tipe bukit pasir dan komunitas yang terdapat berdampingan sangat masuk akal,

karena ia tidak mengekstrapolasikan ke luar dari posisi topografi akhir yang stabil dengan komunitasnya sampai ke **tahap akhir tunggal** (*single end-stage*). Ia mengevaluasi dengan cermat dan menekankan kondisi tanah yang lebih stabil, yang mempertahankan suatu mozaik komunitas tertentu di dalam suksesi bukit pasir. Akan tetapi, ia tidak membuat skala waktu untuk suksesi dan pembaca tulisannya dapat memperoleh kesan bahwa lingkungan berubah sangat cepat. Snow (1913) menunjukkan bahwa suksesi bukit pasir tidak terlalu cepat, tetapi memerlukan waktu paling tidak beberapa dasawarsa untuk menunjukkan perubahan tipe-tipe vegetasi yang dapat dilihat. Olson (1958) berhasil menentukan skala waktu untuk suksesi bukit pasir Cowles. Dari penentuan umur dengan teknik radiokarbon, ia menemukan bahwa beberapa dari bukit pasir yang sudah mantap berumur paling tidak 12.000 tahun. Untuk tahap-tahap yang lebih awal, ia menentukan umur beberapa bulan untuk bukit pasir rumput terkecil, 4 sampai 8 tahun untuk bukit pasir rumput lebih besar, dan 20 tahun untuk sebuah **bubungan bukit pasir** (*fordune ridge*) ditumbuhi *jack pine* (*Pinus banksiana*). Umur dihitung dari jumlah perpanjangan tahunan rimpang untuk bukit pasir rumput dan dari lingkaran pertumbuhan (*growth ring*) untuk *Pinus banksiana*. Penentuan umur dengan radiokarbon menunjukkan bahwa umur bukit pasir tinggi yang tidak bergerak adalah 2500 sampai 3500 tahun. Untuk bukit pasir akhir yang telah mantap atau pasif, Olson menyatakan bahwa komunitas *blueberry-huckleberry* (kerabat jenis *Vaccinium*) tampaknya baru mulai menginvasi bukit pasir *Quercus tinctoria* setelah 6 sampai 10 abad.

Dari analisis komparatif, Olson juga mencatat karbon, nitrogen, kelembapan, karbonat, dan pertukaran kation dalam tanah. Perbaikan kesuburan tanah dan kapasitas simpan air dari bukit pasir asal yang gundul terjadi dalam kurun waktu 1.000 tahun setelah stabilisasi bukit pasir.

Jadi dapat disimpulkan bahwa perkembangan awal cepat, tetapi kemudian perkembangan selanjutnya berjalan lamban sekali. Permulaan tahap vegetasi klimaks yang terkait dengan stabilitas fisiografi bukit pasir memerlukan waktu hingga 10.000 tahun.

Tansley (1939) menyorik beberapa studi tentang hidroser yang dilakukan Pearsal di Inggris. Uraian nyata sebuah bagian kecil dari perkembangan hidroser ditunjukkan pada dua peta (Gambar 13.1). Dapat dilihat bahwa garis kontur kedalaman air 1,8 m yang membentang ke bagian tengah-selatan pada masing-masing peta sudah menciut setelah 15 tahun. Jadi, sedimentasi telah terjadi. Tegakan *Salix* di bagian utara peta telah melebar ke arah selatan. Di antara

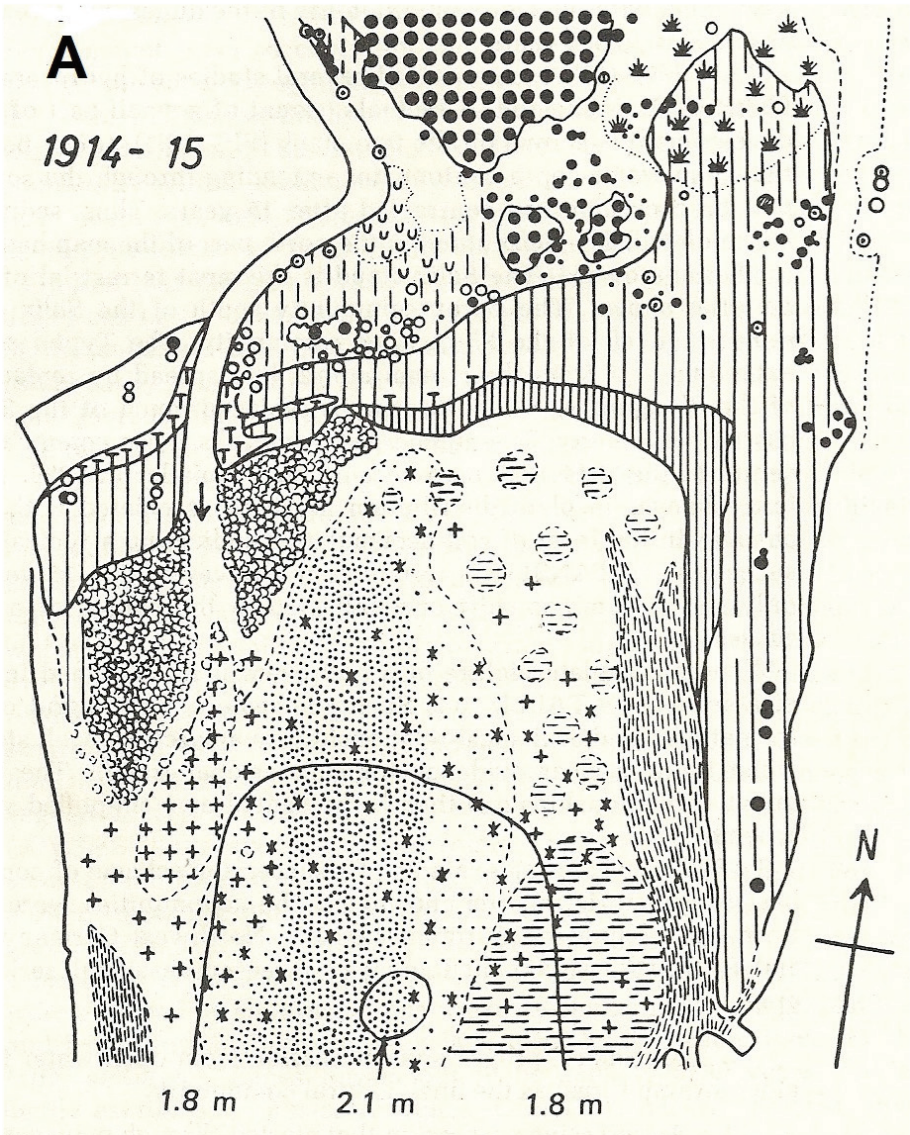
komunitas yang ditunjukkan, tegakan *Salix* terdapat pada habitat paling darat (terrestrial). Komunitas *Carex* di sebelah selatan tegakan *Salix* telah menggantikan sebagian besar komunitas *Phragmites*. Komunitas *Typha* melebar dan menyebar dari muara sungai ke arah timur dengan menggantikan sebagian besar *Phragmites*, sementara *Phragmites* mengganti sebagian besar komunitas *Scirpus lacustris*. Komunitas lumut *Fontinalis* yang terendam di bagian tengah peta 1914–1915 menjadi lebih kecil pada tahun 1929. Jadi, perubahan pasti dalam sebaran tumbuhan di sini terkait dengan perubahan substrat dalam bentuk akumulasi tanah, yang menunjukkan **suksesi alogen** (*allogenic succession*) yang tipikal menurut terminologi Tansley. Meskipun demikian, perubahan selama 15 tahun ini hanya menunjukkan pergeseran kecil atau langkah kecil dalam lintasan suksesi hidrark.

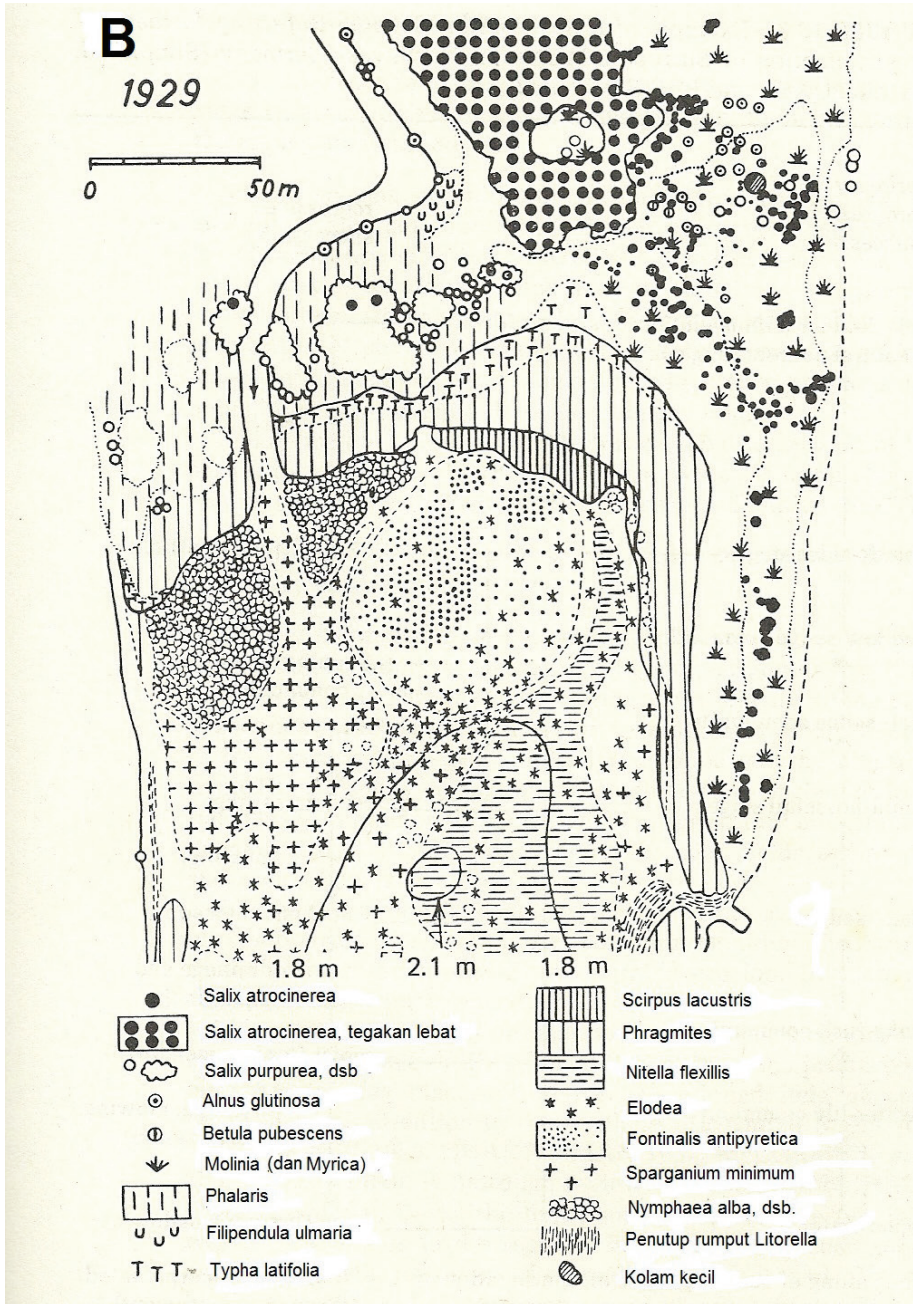
Gambaran lengkap tentang hidrosere dilukiskan dalam sebuah diagram pada Tabel 13.3. Diagram hanya berarti seperti itu bila pola dan hubungan ekologi di suatu daerah telah diteliti dengan saksama dan bila terdapat bukti jelas untuk kecenderungan suksesi. Hubungan kronosekuen kemudian dapat disajikan sebagai sebuah skema suksesi yang disederhanakan.

Tabel 13.3 menyajikan sebuah contoh skema suksesi komunitas berdasarkan rekaman sejarah dan peta. Komunitas terbentuk karena pengisian danau eutrofik di Jerman Timur Laut. Tüxen & Preising (1942) membedakan tiga seri suksesi di daerah tersebut.

1. Sebuah suksesi primer progresif dari perairan terbuka ke hutan rawa *black alder* sebagai komunitas alam.
2. Sebuah suksesi regresif yang dimulai dengan pengelolaan. Ini termasuk penebangan hutan *black alder*, pembabatan semak dan rumput, operasi drainase buatan, dan pemupukan, akhirnya sampai ke ara-ara *Cirsium* yang mempunyai hubungan dekat dengan komunitas ara-ara *Arrhenaterum*.
3. Sebuah suksesi progresif sekunder, yang mulai dari sebuah tahap suksesi regresif mana saja segera setelah pengelolaan dihentikan.



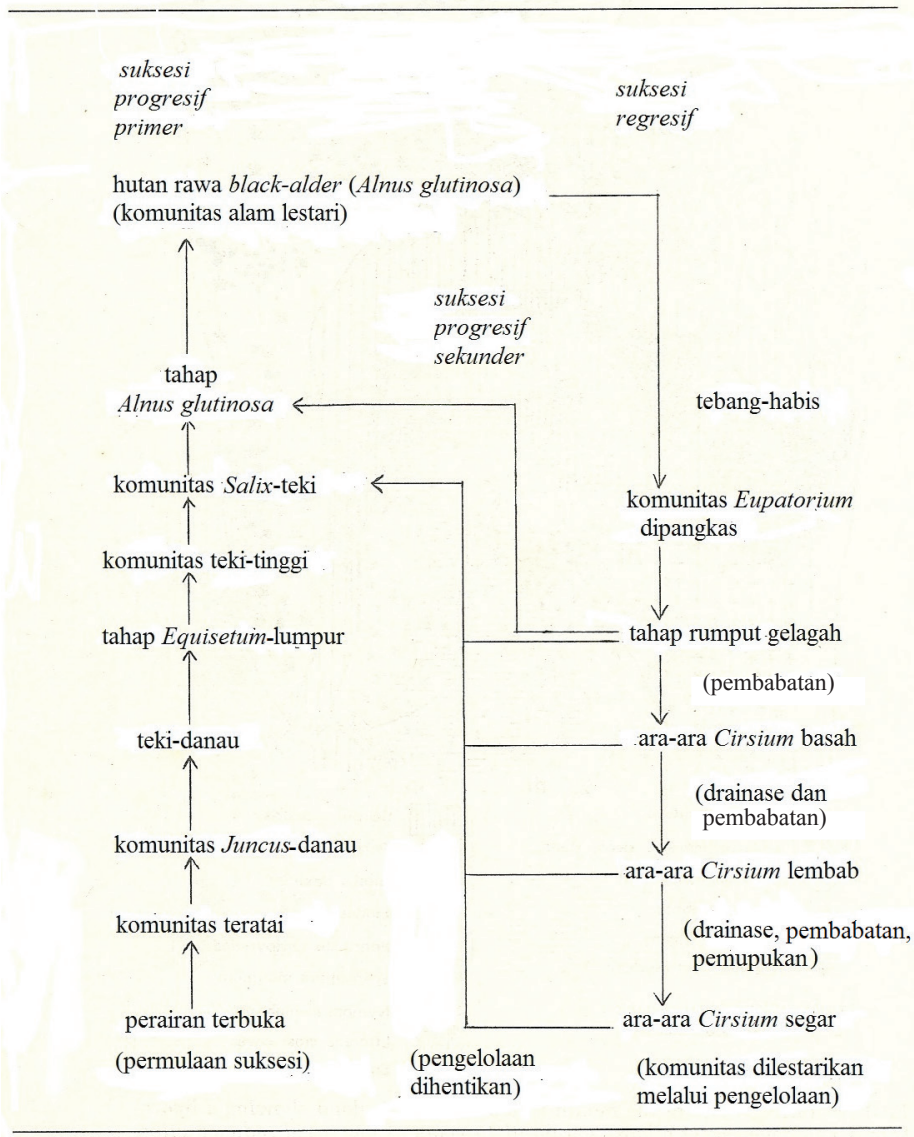




**Gambar 13.1 A&B.** Sebuah tapak di muara sebuah sungai di Inggris menunjukkan sebuah perkembangan hidroser setelah sedimentasi yang meningkat selama 15 tahun (dari Tansley 1939: 604–605)

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

**Tabel 13.3** Contoh sebuah skema suksesi yang mengacu kepada terestrialisasi perairan eutrofik di Jerman Barat Laut (disederhanakan dari Tüxen dan Preising 1942)



Skema seperti itu menyajikan suatu susunan elusidatif komunitas suksesi terkait. Oleh karena itu, skema tersebut merupakan penambahan yang berharga bagi skema klasifikasi Braun-Blanquet. Dalam klasifikasi Braun-Blanquet komunitas terkait suksesi, seperti komunitas akuatik, rawa, dan ara-ara, tidak pernah diperlakukan bersama-sama karena perbedaan komposisi floristiknya. Tentu saja susunan elusidatif serupa dapat diperoleh dari seri ekologi sederhana yang tidak menunjukkan kaitan suksesi atau kaitan suksesi tersebut tidak pernah ditemukan.

Dapat dicatat bahwa suksesi progresif primer dari hidroser ini berakhir dengan hutan rawa *black alder*, yang bukan sebuah komunitas klimaks iklim, melainkan merupakan komunitas klimaks edafik (Bab 13.5.).

### **13.4.2 SUKSESI SEKUNDER**

Sekarang akan dibahas tiga macam suksesi sekunder.

#### **13.4.2.1 Suksesi Lahan yang Ditinggalkan**

Gangguan paling sempurna yang mengakibatkan suksesi sekunder adalah konversi hutan menjadi lahan budi daya pertanian. Proses ini melibatkan penebangan pepohonan dan membersihkan tunggul-tunggul yang diikuti dengan penebaran biji atau penanaman tumbuhan budi daya untuk beberapa generasi. Dalam proses ini mikroflora dan fauna tanah dapat berubah banyak. Potensi hara semula dalam tanah akan banyak berkurang. Ini merupakan karakteristik perladangan berpindah yang masih dipraktikkan sekarang di banyak negara tropik. Segera setelah lahan pertanian budi daya tersebut ditinggalkan atau ditelantarkan suksesi akan mulai berjalan.

Suksesi seperti itu adalah suksesi sekunder, karena tanah yang sama telah pernah menunjang suatu vegetasi. Suatu pengecualian terjadi bila seluruh profil tanah dipindahkan oleh erosi yang kuat. Dalam kasus tersebut kita bisa berbicara tentang suksesi primer.

Suksesi sekunder pada lahan yang ditinggalkan berjalan lebih cepat dan melibatkan urutan bentuk-hidup yang berbeda dibandingkan dengan suksesi primer pada batuan vulkanik yang telah dibahas di atas. Suksesi di lahan yang ditinggalkan telah banyak memperoleh perhatian di Amerika Serikat bagian tenggara (Oosting 1942; Keever 1950; Quarterman 1957; McCormick & Buell 1957; Odum 1967). Tinjauan yang cermat telah dibuat oleh Haug (1970).

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

Pada lahan yang ditinggalkan, tumbuhan pertama yang muncul biasanya adalah gulma semusim, bila tersedia dalam flora sekitarnya. Gulma dwitahunan segera tumbuh berasosiasi dengan tumbuhan semusim tersebut (di zona beriklim sedang) dan kemudian menyusul tumbuhan terna perenial (di zona beriklim sedang dan tropik), khususnya jenis dari suku rumput-rumputan. Di beberapa daerah, misalnya di daerah Oklahoma tengah, sebuah tahap khusus yang berupa rumput semusim (*Aristida oligantha*) dapat mendahului kedatangan rumput-rumput perenial. Situasi ini mungkin terkait khusus dengan konsentrasi nitrogen yang rendah (Rice, Penfound, dan Rohrbaugh 1960; Roux dan Warren 1963).

Selanjutnya komunitas rumput-rumput perenial diperkaya dengan kedatangan tumbuhan perenial berkayu, yang mungkin berupa tumbuhan setengah-perdu atau perdu berkayu beranting ramping (kamefit) tumbuh cepat. Yang berikutnya adalah perdu memohon dan pohon pionir, tumbuh cepat yang tidak toleran terhadap naungan. Kamefit biasanya membentuk sebuah tahap suksesi hanya pada tanah masam dan oligotrof. Pada tanah mesotrof, fanerofit dapat langsung mengikuti tahap terna (Ellenberg 1963). Bila komunitas ini tumbuh menjadi dewasa dan membentuk kanopi yang saling mengait, tumbuhan terna yang tidak toleran terhadap naungan, terutama rerumputan, akan menghilang. Tempat yang ditinggalkan terna tersebut akan diisi oleh terna yang toleran terhadap naungan dan bahkan lumut. Pada waktu yang sama, semai jenis pohon yang toleran terhadap naungan akan mulai tumbuh. Jenis pohon kanopi yang tidak toleran terhadap naungan tidak lagi beregenerasi dalam jumlah cukup untuk menggantikan populasi pohon-pohon yang telah dewasa. Alih-alih, jenis yang toleran terhadap naungan biasanya tumbuh lambat dan kemudian akan mencapai kanopi dan bahkan bertumpang-tindih dengan pohon pionir yang tidak toleran terhadap naungan, sehingga mempercepat kehilangannya.

Bentuk-hidup tumbuhan yang paling akhir datang biasanya adalah epifit berpembuluh. Di hutan tropik Hawaii terjadi juga suksesi epifit yang dimulai dari ganggang ke lumut, ke paku-pakuan, ke terna (*Astelia menziesii*, dll.) dan tumbuhan biji berkayu (*Metrosideros collina*, *Cheirodendron trigynum*, dll.). Tetapi, bentuk-hidup epifit berbeda hadir berdampingan dalam habitat mikro berbeda dan suksesi utamanya hanya urutan kedatangan dan pola pengayaan jenis.

Liana berkayu biasanya salah satu pendatang terakhir, tetapi liana menerna umumnya merupakan bentuk-hidup peralihan yang hidup baik di hutan terbuka. Mereka dapat saja bertindak sebagai gulma, yang menghambat penutupan

kanopi pohon dengan menekan reproduksi pohon. Tetapi, mereka juga dapat bertindak sebagai **tumbuhan perawat** (*nurse crop*) (misalnya *Dicranopteris linearis*), yang membiarkan jenis pohon yang toleran terhadap naungan untuk tumbuh memantapkan diri.

Dalam sebuah studi tentang produktivitas primer pada sebuah lahan yang ditelantarkan di South Carolina, Odum (1960) menyimpulkan bahwa suksesi melibatkan sederetan tahap-tahap keseimbangan yang terkait dengan keunggulan bentuk-hidup utama daripada merupakan perubahan jenis yang menerus seperti biasanya didalilkan.

Sementara urutan bentuk-hidup seperti yang ditunjukkan di sini secara umum berlaku, komposisi jenis bervariasi dari kawasan ke kawasan. Urutan bentuk-hidup tumbuhan yang terjadi dalam suksesi bergantung juga kepada besarnya area yang terganggu. Bila area kecil, tumbuhan perenial berselantar dari tempat yang tidak terganggu dapat menginvasi area tersebut. Di Hawaii tumbuhan yang **membentuk keset** (*mat-forming*) atau hamparan kusut seperti itu, di antaranya adalah *Dicranopteris linearis*, tumbuhan eksotik rumput *Melinis minutiflora* dan perdu *Eupatorium riparium*. Tumbuhan perenial ini dapat menutup dengan cepat permukaan gundul seluas kurang dari 100 meter persegi. Dalam kondisi seperti ini, terna semusim tidak mempunyai kesempatan untuk membentuk tahap pionir dalam suksesi sekunder.

Suksesi sekunder semacam itu terjadi berulang dalam bentuk tersebut atau bentuk yang serupa dengan variasi kawasan, habitat dan gangguan. Tidak semua suksesi sekunder berakhir dengan hutan dan ini bergantung kepada iklim kawasan dan periodisitas gangguan. Dalam iklim gurun, tundra dan alpin, hutan tidak merupakan tahap akhir suksesi. Di sini suksesi jauh lebih sederhana, karena hanya bentuk-hidup terbatas yang toleran terhadap lingkungan sektrem seperti itu.

Dalam sebuah artikel tinjauan tentang teori suksesi, McCormick (1968) menekankan kembali gagasan Eglar (1954) tentang perbedaan pola kedatangan jenis. Pola-pola ini adalah **floristik lari-beranting** (*relay floristics*) dan **komposisi awal floristik** (*initial floristic composition*). Gagasan floristik lari-beranting terkait dengan pengertian populer bahwa kelompok jenis datang dan kemudian menghilang sebagai kelompok selama berlangsungnya suksesi. Gagasan komposisi floristik awal diartikan bahwa jenis yang berpartisipasi dalam sebuah urutan suksesi telah hadir di tempat sejak permulaan urutan. Mereka hadir dalam bentuk biji

atau propagula (benih-benih) vegetatif. Konsep Egler tentang komposisi floristik awal mengartikan sebagai mekanisme bahwa tumbuhan semusim merupakan tumbuhan yang berkembang paling cepat menjadi dominan. Setelah itu terna perenial (seperti rumput perenial) menjadi dominan bukan karena mereka datang kemudian, melainkan karena tanggapan mereka terhadap berhentinya gangguan agak lebih lambat. Perdu menanggapinya jauh lebih lambat ketimbang terna perenial, dan kemudian pohon lebih lambat daripada perdu. Untuk perdu dan pohon, tanggapan yang lebih lambat merupakan kombinasi dormansi yang berkepanjangan dan laju pertumbuhan awal yang lambat dari semai.

Konsep komposisi floristik awal menjelaskan anomali tertentu yang telah ditelaah dalam urutan suksesi sekunder. Misalnya, pada sebidang hutan yang gundul mungkin biji-biji pohon sudah tidak dapat dijumpai lagi. Suksesi dapat berlangsung relatif cepat sekali sampai ke tahap perdu, tetapi kemudian tertahan untuk waktu yang lama sebelum pohon-pohon kemudian menjadi mantap oleh floristik lari-beranting. Tidak diragukan lagi bahwa efek dari komposisi floristik awal (menurut pengertian Egler) tidak diperhatikan dalam interpretasi gejala suksesi dan bahwa konsep tersebut penting dalam mempertajam prediksi urutan-urutan suksesi. Akan tetapi, kedua pola, yaitu perkembangan setempat yang tidak menentu (*staggered*) dan kedatangan benih-benih (*disseminules*) yang tidak menentu (yaitu floristik lari-beranting) sudah pasti berlaku dalam sebagian besar suksesi sekunder. Pola pertama perkembangan jenis suksesi (yaitu komposisi floristik awal) lebih penting lagi secara umum dalam tipe suksesi sekunder yang akan dibahas berikutnya daripada suksesi pada lahan yang ditelantarkan.

#### **13.4.2.2 Pembalakan dan Suksesi Setelah Kebakaran**

Suksesi sekunder setelah pembalakan dan kebakaran biasanya melibatkan urutan bentuk-hidup yang kurang lengkap dalam kawasan hutan *Douglas fir* (*Pseudotsuga menziesii*) di British Columbia (Mueller-Dombois 1959; 1965b). Penebangan hanya menghilangkan lapisan pohon. Penebangan dan pembakaran berikutnya dapat menciutkan vegetasi bawah menjadi komunitas sisa dan yang hilang sama sekali hanya lumut yang memerlukan naungan. Tumbuhan bawah berpembuluh yang toleran terhadap naungan dapat bertahan dan adakalanya bahkan melebarkan tutupan di atas tanah dengan pertumbuhan vegetatif lateral. Flora baru gulma hutan berkembang pada tempat-tempat terbakar. Flora tersebut sering kali hadir dalam bentuk biji. Yang terutama unggul setelah pembakaran adalah jenis Compositae, *Senecio sylvatica*. Pada tahun pertama setelah pembakaran,

yang muncul pertama adalah gulma-api (*Epilobium angustifolium*) dengan daun dasarnya yang tersusun roset dan bertangkai bunga tinggi. Berdasarkan tinggi (rata-rata 1,5 m) tumbuhan, jenis ini dominan dan karena kehadirannya di semua bekas tebangan tumbuhan ini menyembunyikan tumbuhan bawah asli dalam hutan. Akan tetapi, gulma-api ini hanya berkembang di tempat-tempat terbuka. Oleh karena itu, tumbuhan ini menghambat perluasan tumbuhan bawah sisa, tetapi tidak menggantikannya melalui kompetisi. Dalam petak-petak 1 m<sup>2</sup> yang diletakkan menerus, frekuensi gulma-api dapat sampai 100%, tetapi persentase penutupnya jarang sekali sampai sebesar itu. Alih-alih, di bawah tegakan gulma-api hanya terdapat naungan sebagian saja. Kondisi ini menguntungkan pertumbuhan tumbuhan bawah sisa.

Kemudian, semai-semai pohon tumbuh mantap, menerobos kanopi gulma-api. Segera setelah individu-individu gulma-api terlindungi sebagian, tumbuhan ini berhenti berkembang biak. Mereka akan segera menghilang di bawah naungan kanopi pohon yang sedang berkembang. Satu-satunya jenis di bekas tebangan yang bertahan dalam tegakan hutan muda adalah jenis paku (*Pteridium aquilinum*).

Pengenalan tahap-tahap dalam suksesi sekunder penting dalam evaluasi penutup vegetasi kawasan. Sudah pasti bahwa tidak semua variasi vegetasi dalam suatu kawasan disebabkan oleh variasi lingkungan antarhabitat. Dalam kawasan floristik dapat ditemukan beberapa komunitas tumbuhan berbeda pada tipe habitat topografi yang sama. Perbedaan demikian terutama disebabkan oleh gangguan yang mengakibatkan terjadinya suksesi sekunder.

#### **13.4.2.3 Suksesi Jenis Eksotik**

Sebuah gejala lain dari suksesi sekunder terdapat umumnya pada sebuah pulau. Vegetasi sebuah pulau dapat menunjukkan komunitas berbeda pada tipe-tipe habitat sama yang tidak hanya disebabkan oleh tahap-tahap berbeda dalam suksesi sekunder. Kita dapat menemukan pola-pola floristik yang baru berkembang yang disebabkan oleh introduksi jenis baru oleh manusia. Jenis yang baru menginvasi dan membentuk struktur komunitas dominan mungkin terdapat di satu bagian dari sebuah pulau, tetapi belum dapat mencapai habitat serupa di bagian lain dari pulau. Karena jenis yang sedang bernaturalisasi seperti itu, suksesi sekunder pada berbagai habitat pulau dapat berubah terus dari waktu ke waktu sehingga tidak mengikuti pola floristik yang pada dasarnya dapat berbalik seperti di kawasan kontinen yang secara floristik telah jenuh.



### 13.5 KONSEP KLIMAKS DAN STABILITAS

Sebuah suksesi berakhir dengan sebuah komunitas yang jenisnya dapat hidup berkelanjutan melalui reproduksi. Komunitas seperti itu disebut komunitas klimaks.\* Dalam sebuah hutan klimaks, jenis pohon harus hadir sebagai semai, belta, pohon subkanopi, dan pohon kanopi. Demikian pula jenis dalam vegetasi bawah (perdu dan terna) harus hadir dalam semua ukuran dari tahap semai hingga tumbuhan dewasa. Apakah sebuah komunitas adalah komunitas klimaks atau bukan dapat diyakinkan dengan analisis struktur populasi jenis (Bab 7.3.1).

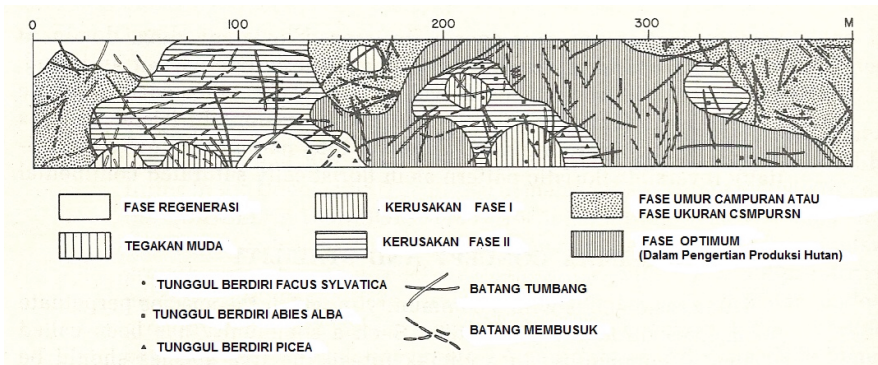
Dalam sebuah komunitas klimaks, komposisi jenis seharusnya sama dalam jangka waktu panjang. Oleh karena evolusi komposisi jenis yang stabil, yang terus-menerus mempermuda diri, sudah pasti tidak mungkin. Tetapi, konsep klimaks mempunyai validitas sebagai tahap yang komposisi jenisnya relatif stabil, yang dalam hal ini pergantian populasi jenis tidak tampak. Ini tidak berarti bahwa komunitas klimaks statis atau tanpa ada dinamika vegetasi. Pada kenyataannya, individu-individu dari jenis dalam komunitas klimaks yang sudah tua sekali atau individu-individu yang sakit akan mati kapan saja, atau secara berkala, individu-individu baru muncul sebagai semai dan tumbuhan muda yang tumbuh sampai dewasa. Bentuk dinamika keseimbangan ini didokumentasikan dengan baik oleh Cooper (1913) dalam sejumlah kuadrat di hutan klimaks di Isle Royale. Pola-pola tersebut terjadi juga pada suksesi-suksesi lokal di sana-sini dalam komunitas, misalnya bila sebatang pohon tua tumbang. Bila pohonnya besar, rumpang besar di kanopi akan terbentuk, yang akan membuka jalan untuk memulai tahap suksesi sekunder berskala kecil di lokasi tersebut.

Namun, di berbagai kawasan pohon-pohon tua cenderung untuk tumbang dalam kelompok sehingga menciptakan komunitas suksesi yang agak besar yang membentuk mozaik fase-fase suksesi, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.2. Gagasan yang paling umum tentang hutan klimaks diwakili oleh fase umur-campuran atau fase ukuran campuran, yang dalam contoh yang dipetakan dalam hutan campuran konifer dan daun-lebar dalam Gambar 13.2 hanya 1 dari 6 fase yang dapat dikenal. Fase optimal diwakili oleh satu kelompok pohon-pohon yang hampir dewasa, relatif berukuran, dan berumur sama yang membentuk kanopi tertutup. Pohon-pohon tersebut barangkali tumbuh bersama setelah badai angin.

---

\* Istilah Yunani “klimaks” berarti tangga. Jadi, arti asalnya identik dengan suksesi, tetapi selalu diinterpretasikan sebagai “pijakan terakhir dari tangga”.

Oleh karena itu, sebuah komunitas klimaks dapat dikatakan ada dalam keseimbangan dengan faktor-faktor lingkungan yang dominan di habitat yang jenis-jenis anggotanya satu dengan lainnya ada dalam keseimbangan dinamika. Keseimbangan antarjenis ini dapat disebabkan oleh berbagai bentuk interaksi. Yang paling umum di antaranya adalah komplementaritas dalam pemanfaatan sumber daya yang tersedia di habitat serta keseimbangan dalam kompetisi dan gangguan bentuk lain (misalnya oleh herbivor).



**Gambar 13.2** Mozaik fase-fase suksesi yang dipetakan dalam hutan konifer dan daun-lebar yang hampir utuh di Yugoslavia (dari Leibundgut; lihat Ellenberg 1963, 272)

### 13.5.1 KONSEP MONOKLIMAKS

Seperti telah dikemukakan di atas, urutan suksesi yang bermula dari perairan terbuka atau kondisi semiakuatik disebut hidroser oleh Clements (1916), Tansley (1929), dan para ekologiwan Amerika dan Inggris lain, sedangkan suksesi dari batu atau tanah gundul sampai ke tahap akhir perkembangan vegetasi disebut xeroser. Gams (1918) menyatakan bahwa dalam berbagai situasi sering kali sukar untuk memutuskan suatu urutan vegetasi masuk ke salah satu dari dua kelompok tersebut. Clements berpendapat bahwa semua suksesi di suatu daerah akan berakhir di suatu tahap akhir yang dikuasai oleh iklim, yang disebut asosiasi **klimaks iklim** (*climatic climax*). Gagasan ini dikenal sebagai hipotesis **monoklimaks** atau **klimaks tunggal**. Dalam banyak kasus dipertanyakan apakah tahap akhir seperti itu akan benar-benar dapat dicapai dan apakah urutan mencakup semua tahap dari awal sampai akhir. Hipotesis Clements—bahwa komunitas-komunitas tumbuhan suatu perairan terbuka dan berbagai komunitas yang terdapat pada batu-batu gundul berkembang ke arah komunitas

klimaks tunggal dalam kawasan yang beriklim makro seragam—tampak sangat meyakinkan bila ditinjau secara sederhana. Tetapi, validitas hipotesis ini sudah banyak kehilangan pijakan. Gams (1918), Lüdi (1930), dan terutama Du Rietz (1930, dari hlm. 347 dan selanjutnya) telah mengkritik hipotesis ini dengan alasan-alasan yang bagus dan mengutip contoh-contoh yang meyakinkan dari berbagai benua dan iklim.

Hipotesis ini tidak cocok untuk kawasan pegunungan, di mana berbagai komunitas berbeda selalu tetap hadir berdampingan, yang disebabkan oleh energi kuat dan perbedaan iklim lokal yang nyata. Perbedaan-perbedaan utama antara berbagai tanah tidak akan dapat dihilangkan dalam kurun waktu yang lama, bahkan di kawasan-kawasan dengan medan datar dan kondisi kelembapan tanah sedang. Du Rietz (1930, 349), misalnya, memertelakan kontras antara vegetasi pada batupasir dan tanah-basal, tempat perkembangan suksesi tidak terganggu sejak masa Tersier. Tüxen (1933) mengacu kepada kontras serupa antara hutan alam pada pasir diluvium dan tanah geluh-lus (*loess-loam soil*) di Jerman Barat Laut.

Selanjutnya, tidak mungkin bahwa terestrialisasi perairan dengan permukaan air yang tetap di kemudian hari akan menghasilkan komunitas hutan yang serupa dengan hutan-hutan pada lahan tanpa air-tanah. Tüxen & Preising (1942) tidak memperluas skema suksesinya melebihi hutan rawa *alder*, yang dianggapnya sebagai tahap akhir alami suksesi. Komunitas akhir seperti itu yang dikendalikan terutama oleh faktor-faktor tanah dikenal juga sebagai **klimaks edafik** (*edaphic climax*) atau “komunitas lestari atau stabil” (*Dauergesellschaft, perpetuating or stable community*). Komunitas seperti itu jangan dikacaukan dengan komunitas klimaks iklim, meskipun yang disebut pertama tentu saja sampai tingkat tertentu dikendalikan oleh iklim-makro.

Hutan *oak-beech* campuran dapat dianggap sebagai asosiasi klimaks iklim pada tanah pasir di Jerman Barat Laut, proporsi *beech* bergantung sebagian kepada kualitas tanah. Komunitas tersebut berkembang baik hanya pada tanah dengan permukaan air-tanah dangkal. Tetapi, hutan rawa *alder* tidak akan pernah berkembang menjadi hutan campuran *oak-beech* tanpa drainase buatan atau penurunan permukaan air-tanah oleh gejala alam yang aneh.

Perkembangan ke atas tanah gambut dari bahan organik yang tidak membusuk, yang menjadi alasan utama terestrialisasi pada hidrosfer ini, berhenti ketika permukaan air-tanah tidak dapat naik ke permukaan, atau ketika air-tanah mencapai permukaan yang terjadi jarang sekali.

Skema suksesi Tüxen & Preising pada semua tahap didukung oleh penelaahan langsung atau penelitian sejarah vegetasi. Tetapi, perluasan skema sampai ke sebuah komunitas klimaks dapat dilakukan semata-mata hanya berdasarkan hipotesis. Bukti-bukti yang sedikit diberikan Tansley untuk ekstrapolasi seperti itu tidak seluruhnya meyakinkan, karena bukti-bukti tersebut mengacu kepada tanah gambut yang **tak sepenuhnya disalirkan** (*partially drained*).

Sementara fase-fase awal suksesi xeroser dan hidroser telah didukung dengan data, konvergensi lengkap komunitas dari titik permulaan ke klimaks iklim tidak pernah ditelaah di tapak yang sama. Akan tetapi, tampaknya mungkin juga sebuah komunitas klimaks iklim dapat berasal dari substrat batu baru. Penelaahan berdampingan berbagai tahap komunitas pada permukaan substrat vulkanis dengan umur berbeda telah menunjukkan komunitas yang relatif stabil dan dapat memperlama diri yang terbentuk dalam 400 tahun dalam iklim hutan hujan Hawaii (Atkinson 1970). Akan tetapi, substrat komunitas *Metrosideros-Cibotium* (paku pohon) masih berupa bahan induk batu yang belum melapuk dan hanya diperkaya dengan bahan organik dan abu gunung (yang juga baru mulai melapuk). Komunitas hutan hujan pada tanah latosol tua (Oksisol) di Hawaii menunjukkan komposisi jenis yang sangat berbeda dan tidak jelas apakah laju evolusi jenis baru tidak dapat berjalan lebih cepat daripada evolusi tanah dari batu kasar ke tanah latosol. Bila evolusi jenis lebih cepat daripada atau sama dengan laju evolusi tanah, klimaks iklim (menurut konsep Clements) tidak akan pernah terbentuk, karena jenis baru berevolusi sebelum ekosistem, yaitu komunitas bersama dengan tanah ada dalam keseimbangan penuh dengan iklim yang menguasai.

Di beberapa kawasan tropik kontinental terdapat bukti bahwa sejak masa Mesozoikum (125 juta tahun lampau) tidak terjadi gangguan geologi besar. Dapat diasumsikan bahwa substrat yang sama secara evolusi menunjang vegetasi primitif, seperti hutan *Equisetum* dan paku raksasa, kemudian hutan gimnosperma primitif, dan sejak awal masa Tersier (6 juta tahun lampau), hutan angiosperma yang lebih moderen. Oleh karena itu, hutan hujan tropik masa sekarang tidak berasal baik dari hidroser maupun xeroser. Hanya vegetasi leluhurnya yang berasal dari hidroser atau xeroser. Perkembangan evolusi jenis dan vegetasi pada substrat yang sama tidak menunjang pemahaman bahwa perkembangan vegetasi dapat dikalibrasikan dengan perkembangan tanah. Telah disarankan pula bahwa hipotesis monoklimaks memerlukan keseimbangan geomorfologi dengan iklim makro yang menguasainya. Ini akan melibatkan erosi penuh dan **perataan-dasar**

(*base-levelling*) (Domin 1923). Ketika hal tersebut terjadi di Kepulauan Hawaii (yaitu di kelompok Leeward Island), iklim berubah dari iklim basah ke iklim **kering-musim-panas** (*summer-drought*) dan substrat dari tanah vulkanik ke pasir karang. Vegetasi yang diakibatkan oleh perubahan ini adalah vegetasi pantai dan bukan lagi hutan hujan. Dapat saja kita tidak setuju bahwa pulau-pulau tersebut terlalu kecil untuk memenuhi persyaratan pola-pola kondisi kontinental. Hutan hujan di Hawaii terbentuk sebagai akibat gejala iklim orografik, yang menghilang bila terjadi perataan-dasar. Tetapi, situasi ini terjadi dalam waktu jutaan tahun.

### 13.5.2 KONSEP POLIKLIMAKS

Gagasan lain mengenai stabilitas ekosistem adalah hipotesis poliklimaks (Domin 1923; Tansley 1929; Du Rietz 1930; Cain 1947). Gagasan ini mendalilkan bahwa terdapat berbagai komunitas klimaks yang berbeda dalam sebuah kawasan iklim, tetapi komunitas-komunitas tersebut ada dalam keseimbangan dinamika dengan habitat lokal dan faktor-faktor lingkungan yang mengendalikannya. Jadi, kita dapat membedakan komunitas yang dapat mengekalkan diri sebagai klimaks edafik atau **klimaks topografi** (*topographic climax*), bila faktor-faktor yang mengendalikannya terkait lebih kuat dengan kondisi setempat (seperti kondisi ekstrem tentang rezim air atau angin setempat, curah hujan, penyinaran cahaya) daripada dengan iklim makro umum, seperti halnya dengan klimaks iklim. Jadi, konsep poliklimaks mendalilkan bahwa **lanskap klimaks** (*climax landscape*) terdiri atas mozaik berbagai komunitas edafik, topografi, atau komunitas yang secara ekologi dan iklim berbeda. Satu di antaranya secara geografi biasanya dominan. Kemudian lanskap dapat dinamakan menurut komunitas klimaks yang menguasai (lanskap klimaks, **zona vegetasi** [*vegetation zone*], **zona biogeoklimat** [*biogeoclimatic zone*]).

Dapat pula dibedakan sebuah **klimaks api** (*fire climax*) (lihat Daubenmire 1968)—suatu vegetasi yang perkembangannya secara berkala dihentikan oleh kebakaran dan hanya jenis yang resisten atau teradaptasi terhadap kebakaran yang mampu memantapkan diri. Dapat juga sebuah vegetasi berkembang terus-menerus di bawah tekanan penggembalaan, sehingga terjadi keseimbangan dinamika antara vegetasi dan penggembalaan, dan vegetasi seperti itu disebut **klimaks penggembalaan** (*grazing climax*). Hipotesis-hipotesis ini sangat bermanfaat sebagai skema orientasi bila sekiranya tidak diinterpretasikan secara kaku.

Berbagai tahap klimaks dapat merupakan komunitas yang relatif stabil dengan populasi jenis yang mampu memperbarui diri secara berlanjut dan dapat membentuk titik akhir suksesi sekunder. Sebenarnya komunitas yang relatif stabil seperti itu perlahan-lahan berubah karena evolusi jenis, evolusi tanah, evolusi geomorfologi, dan perubahan iklim makro jangka panjang.

Berbagai gagasan tersebut dapat diringkas dalam bentuk diagram dua dimensi skala waktu (Gambar 13.3), yang pernah dipresentasikan dalam bentuk serupa oleh V.J. Krajina di dalam sebuah kuliah ekologi. Diagram tersebut menunjukkan sebuah urutan ekologi dari ekosistem xerofit hingga ekosistem hidrofit pada absisa. Dalam lintasan suksesi primer (menggerakkan skala waktu sepanjang ordinat ke atas) ekosistem-ekosistem tersebut mempertahankan pengendalian lingkungan aslinya. Dengan cara ini, kita dapat mengenal klimaks iklim (*ki*) dan dua atau lebih klimaks edafik (*ke*) dalam sebuah zona biogeoklimat. Kita dapat mengasumsikan sedikit konvergensi klimaks edafik ke arah klimaks iklim zonal selama kurun waktu yang lama sekali. Konvergensi ini ditunjukkan oleh panah dari klimaks edafik (*ke*) menuju ke klimaks iklim (*ki*). Tetapi, konvergensi ini tidak pernah selesai. Konvergensi tersebut terbuka karena kekuatan-kekuatan yang menetralkan, seperti erosi, pengendapan, perubahan iklim, dsb. Suksesi sekunder dapat terjadi kapan saja di dalam suksesi primer dalam bentuk sebuah gejala berdaur. Suksesi sekunder tersebut dapat dihentikan sebelum mencapai klimaks edafik atau klimaks iklim karena kebakaran, penggembalaan, dan pengaruh lainnya yang terjadi berulang-ulang.

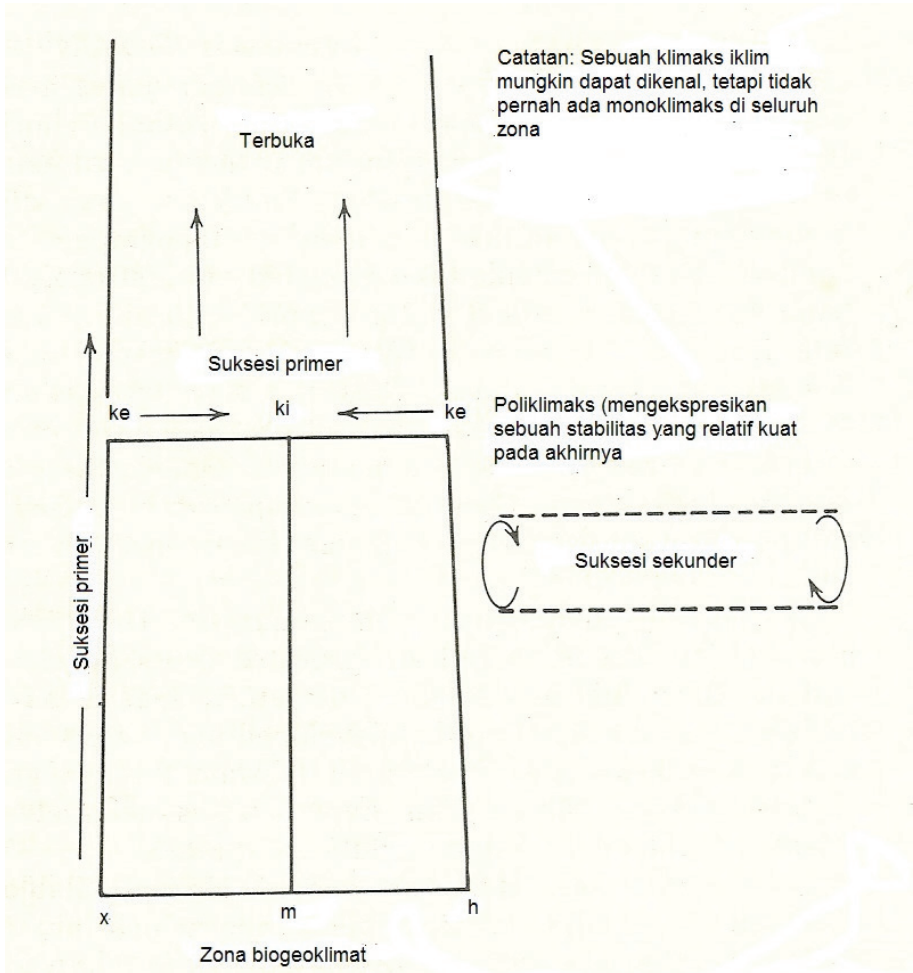
Konsep poliklimaks yang agak berbeda diwakili oleh pandangan bahwa sebuah kawasan iklim makro dapat mencakup bukan saja satu klimaks, melainkan beberapa yang ditemukan pada tipe-tipe tanah tua yang berbeda di kawasan atau zona yang sama (von Bülow 1929; Tüxen 1933; Tüxen & Diemont 1937; Ellenberg 1959). Jadi, gagasan ini dapat dinamakan sebagai konsep **klimaks poliiklim** (*polyclimatic climax concept*). Banyak kawasan iklim makro mengandung tidak hanya satu tipe tanah dasar menurut strukturnya yang tersebar luas, tetapi dua atau tiga tipe. Sebagai contoh dapat diambil diagram profil yang menunjukkan tipe-tipe habitat hutan di Manitoba tenggara (Gambar 11.2). Di lokasi ini, tanah di **lahan tinggi** atau **daerah udik** (*uplands*) terdiri atas baik pasir “murni” (yang ditumbuhi *jack pine*, *Pinus banksiana*) maupun tanah dengan kandungan liat yang tinggi (yang ditumbuhi hutan campuran). Perbedaan tekstur ini mencerminkan perbedaan batuan induk dasar dan tidak ada alasan untuk berpendapat bahwa mereka akan menghilang. Akan sangat

sukar untuk memutuskan satu klimaks iklim tunggal untuk kawasan ini. Karena ada dua tipe tanah dengan drainase baik yang tersebar luas, yaitu habitat 2 pada pasir dan habitat 7 pada tanah dengan cembungan liat (*bisequa grey wooded soil*), diperkirakan ada dua klimaks iklim untuk kawasan iklim makro di sini, bukan satu. Tegakan *Pinus banksiana* yang telah matang pada pasir tentu saja belum mendekati hutan klimaks iklim karena mereka merupakan tegakan generasi pertama yang berkembang setelah terbakar. Alih-alih, dalam kondisi sekarang mereka mewakili klimaks api. Koeksistensi regional tipe tanah dengan tekstur dasar yang tidak pernah menumpu (*convergent*) merupakan gejala umum, yang membatasi penerapan hipotesis monoklimaks. Tentu saja kita dapat berargumen bahwa ini bergantung sebagian kepada definisi kawasan iklim makro. Tetapi, di Manitoba tenggara, kedua bahan induk tekstur membentuk sebuah mozaik di dalam kawasan iklim makro yang sama. Barangkali argumen berlawanan yang lebih kuat adalah bahwa kombinasi akhir jenis sangat sama dan dapat memantapkan diri pada tanah dengan drainase baik. Kemungkinan kedua ini dapat terjadi pada kawasan yang floranya miskin, dan di kawasan seperti itu jenis pembentuk struktur komunitas mungkin mempunyai amplitudo ekologi yang lebih luas ketimbang di kawasan yang floranya kaya.

Konsep poliklimaks yang dimodifikasi ini masih lebih realistis sebagai skema berpikir daripada konsep yang menginterpretasikan hanya satu klimaks dalam suatu kawasan iklim makro. Untuk skema yang dimodifikasi ini, diagram pada Gambar 13.3. masih berlaku, tetapi urutan rezim air tanah seperti yang ditunjukkan pada absis dapat diterapkan kepada masing-masing kelompok tekstur tanah utama. Misalnya, untuk Manitoba tenggara, dua skema seperti itu diperlukan, satu untuk tanah pasir dan satu lagi untuk tanah bertekstur lebih halus. Tetapi, kisaran lengkap rezim air tanah mungkin tidak dapat direalisasikan pada setiap kelompok tekstur tanah utama, dan terutama pada ekstrem hidrofit, perbedaan tekstur dapat menjadi tidak penting. Meskipun demikian, ini tidak mengganggu gagasan bahwa kita dapat mengenal lebih dari satu klimaks iklim dalam suatu kawasan iklim makro.

Karena bahan induk, dan bukan iklim yang tidak sama, kita dapat menamakan berbagai klimaks iklim yang berbeda tersebut klimaks edafik. Akan tetapi, ini berarti kita akan mengabaikan perbedaan. Konsep poliklimaks yang telah banyak dikenal masih merupakan "anak" dari konsep monoklimaks sepanjang itu hanya mengenal satu klimaks iklim dalam kawasan iklim makro (yaitu komunitas alami atau hampir-alami pada substrat yang berdrainase baik)

# Suksesi, Klimaks, dan Stabilitas



**Gambar 13.3** Hubungan hipotesis poliklimaks dan monoklimaks dalam suksesi primer (diperkirakan dari Krajina, tidak terbit). Keterangan: x = ekosistem xerofit; m = ekosistem mesofit; h = ekosistem hidrofit; ke = klimaks edafik; ki = klimaks iklim. Panah dari ke menuju ki menunjukkan kecenderungan perubahan yang sangat lambat ke arah kondisi yang lebih mesofit. Bila melihat perkembangan yang terbuka, kecenderungan menuju kondisi mesofit tidak pernah terealisasi karena kekuatan-kekuatan yang menetralkan. Suksesi sekunder dengan pola berdaur dapat terjadi setiap saat dalam suksesi primer.



ditambah dengan sejumlah komunitas klimaks lain yang dikendalikan terutama oleh sekumpulan faktor topografi, tanah, atau lainnya. Sebaliknya, konsep klimaks poliiklim mengagaskan bahwa perbedaan bahan induk tertentu tidak akan pernah lenyap bahkan bila sebuah lanskap secara fisiografi sudah tua sekali (yaitu sudah mencapai kondisi “perataan dasar”), dan bahwa dalam lanskap seperti itu kita dapat menemukan lebih dari satu jenis tanah yang berdrainase baik dengan komunitas alami (atau hampir-alami) yang telah seimbang dengan iklim kawasan.

### **13.5.3 KESULITAN DENGAN KEDUA KONSEP KLIMAKS**

Meskipun kita menerima hipotesis monoklimaks dan poliklimaks sebagai skema berpikir yang masuk akal, berbagai masalah masih memerlukan klarifikasi lebih lanjut. Tampaknya, ada dua kesulitan konseptual utama dalam kedua konsep klimaks tersebut, yaitu:

1. Sebuah konsep tentang stabilitas menurut relatif waktu (klimaks) telah diterapkan kepada hubungan dalam ruang tanpa kualifikasi lebih lanjut. Oleh karena itu, secara ilmiah lebih dapat dipertahankan untuk menggunakan hanya konsep geografi untuk kaitan ruang. Ini disajikan dalam konsep Rusia tentang vegetasi zonal dan azonal.
2. Sebuah konsep tentang stabilitas komunitas dan ekosistem (klimaks) telah dianggap sama dengan stabilitas dalam perkembangan tanah dan stabilitas dalam perkembangan geomorfologi. Telah dikemukakan bahwa sebuah kalibrasi sempurna dari suatu stabilitas dengan stabilitas fisiografi tidak dapat diharapkan dalam sebagian besar kasus. Pada suksesi klasik bukit pasir yang dibuat Cowles (1899), ketidakstabilan substrat merupakan penyebab utama dari suksesi vegetasi, dan ini merupakan sebuah pengecualian. Dalam ekosistem bukit pasir, stabilitas komunitas betul-betul dikalibrasikan dengan stabilitas fisiografi. Pengecualian ini kemudian diinterpretasikan sebagai aturan. Tetapi, seperti telah ditekankan oleh Whittaker (1953), konsep stabilitas komunitas menjadi lebih jelas bila didefinisikan tanpa mengaitkan dengan stabilitas fisiografi.

Namun, setiap komunitas mempunyai struktur ruang dan waktu, dan kedua aspek ini harus diperhatikan dalam konsep stabilitas.

Istilah klimaks telah digunakan tanpa menerangkan dua arti tersebut sehingga menyebabkan banyak kontroversi. Jadi, lebih baik tidak menggunakan

istilah klimaks (Walter 1937; Egler 1947) atau gunakan istilah tersebut tetapi jelaskan definisinya (Whittaker 1953).

#### 13.5.4 STABILITAS KOMUNITAS

Di sini stabilitas komunitas dianggap sama dengan stabilitas ekosistem. Alasannya bahwa sebuah keseimbangan di antara jenis dalam komunitas hanya dapat dipertahankan bila faktor-faktor lingkungannya juga ada dalam bentuk keseimbangan.

Selain dari aspek struktur komunitas, Odum (1969) membahas pula sejumlah atribut fungsional komunitas yang harus dipertimbangkan dalam konsep suksesi dan stabilitas ekosistem. Odum mengemukakan sebuah gejala suksesi utama, yaitu perubahan dalam perbandingan **produksi kasar** (*gross production*) (P) terhadap respirasi komunitas (R). Pada ekosistem yang sudah matang (ada dalam tahap stabil) perbandingan P/R harus mendekati 1, karena biomassa komunitas pada waktu itu sudah optimal, yang diasumsikan ada dalam keseimbangan dengan faktor-faktor habitat. Untuk mempertahankan biomassa pada kondisi matang memerlukan masukan energi dalam bentuk fotosintesis (yaitu produksi kasar) hanya sebanyak energi yang hilang melalui respirasi. Jadi, produksi neto komunitas (yaitu penambahan atau **hasil panen** [*yield*] bahan organik) akan rendah selama tahap stabil. Odum juga menyatakan bahwa **rantai pangan** (*food chains*) pada tahap stabil khas seperti jala, sedangkan selama tahap suksesi sebelumnya cenderung linear dan disederhanakan.

Sebuah simposium diselenggarakan khusus untuk membahas masalah diversitas dan stabilitas dalam sistem ekologi (Brookhaven Symposium 1969). Banyak interpretasi tentang konsep stabilitas dipresentasikan, dan menjadi jelas bahwa istilah stabilitas ternyata mempunyai spektrum arti yang lebih luas daripada istilah klimaks. Sama halnya dengan istilah diversitas yang sangat rancu atau paling tidak dengan mudah disalahartikan.

Preston (1969) menyatakan bahwa bagi fisikawan stabilitas berarti resisten terhadap penggantian; bagi ekonomian stabilitas mengacu kepada daur naik dan turun; bagi zoologiwan atau ekologiwan populasi stabilitas diartikan sebagai **kemantapan** (*constancy*) dalam besarnya populasi.

Lewontin (1969) menekankan bahwa stabilitas adalah sebuah konsep dinamika. Tetapi, ia membedakan stabilitas dan kemantapan, dengan menginterpretasikan kemantapan sebagai konsep statik. Pada kenyataannya

kedua konsep tersebut sangat erat kaitannya. Sebaliknya dari kemantapan adalah variasi atau fluktuasi dan bukan stabilitas, sementara sebaliknya dari stabilitas adalah ketidakstabilan atau kerapuhan. Kemantapan selama suatu kurun waktu lebih menyerupai konsep dinamika daripada variasi selama suatu periode. Aspek dinamika suatu konsep stabilitas terletak pada gagasan bahwa stabilitas dalam sistem hidup harus mencakup suatu fluktuasi tertentu atau variasi dalam waktu. Jadi, sebuah komunitas atau ekosistem dianggap stabil meskipun mengalami berbagai perubahan ritmik. Ini sangat penting karena komponen hidup suatu ekosistem bereproduksi, bermetabolisme, tumbuh dan mati setiap saat, serta selalu ada pergeseran dan penyesuaian dalam matriks sebuah komunitas. Masalah utama dalam konsep stabilitas bukan karena harus mencakup dinamika, melainkan berapa dan dinamika macam apa yang harus dicakup.

Margaleff (1969) mengemukakan bahwa stabilitas adalah suatu aspek dari organisasi dalam sebuah komunitas atau ekosistem, yaitu suatu ukuran dari **kekanjangan** (*persistence*) seirama dengan waktu. Ia mengatakan: “*A system is stable if, when changed from a steady state, it develops forces that tend to restore it to its original condition*”. Jadi, **kelenturan** (*resiliency*) atau “homeostasis” merupakan kualitas penting dari suatu ekosistem yang stabil (lihat Fosberg 1965b). Interpretasi ini memunculkan suatu hubungan erat antara stabilitas dan kekuatan pengaturan. Gagasan ini dinyatakan juga dalam konsep poliklimaks, yang memberi nama komunitas menurut kekuatan-kekuatan pengaturan yang menghasilkan stabilitas, seperti faktor-faktor iklim, topografi dan tanah, pengaruh hewan (klimaks penggembalaan), atau kebakaran.

Wilson (1969) menyatakan bahwa stabilitas komunitas terkait dengan konsep keseimbangan dinamik, dan ia membedakan empat tahap keseimbangan jenis:

1. *Keseimbangan jenis yang tidak-interaktif (non-interactive species equilibrium)*. Ini berlaku terutama untuk komunitas pionir, di mana jenis yang menginvasi suatu habitat mengisi relung kosong. Kombinasi jenis seperti itu dianggap tidak interaktif.
2. *Keseimbangan jenis interaktif (interactive species equilibrium)*. Ini berlaku untuk komunitas yang tersusun oleh jenis tidak-interaktif dan jenis interaktif. Di sini jenis yang interaktif adalah jenis dengan adaptasi terhadap relung yang sama. Jenis seperti itu membentuk kelompok ekologi (Bab 11.1).
3. *Keseimbangan jenis pemilah (assortative species equilibrium)*. Ini diinterpretasikan sebagai satu tahap yang menunjukkan interaksi antarjenis telah mengakibatkan kombinasi umur-panjang (*long-lived combination*).

4. *Keseimbangan jenis evolusioner (evolutionary species equilibrium)*. Ini dianggap tahap akhir perkembangan komunitas ketika anggota-anggota jenis telah teradaptasi secara genetik satu terhadap yang lain dan terhadap lingkungan lokal.

Empat keseimbangan-jenis menurut Wilson tersebut menarik dan merupakan interpretasi tentang tahap-tahap suksesi primer, yang dikenal melalui derajat interaksi kompetitif dan kompleksitas struktur dalam perkembangan komunitas. Interpretasi tersebut juga memberikan akomodasi untuk proses evolusi mengenai spesiasi seperti ditinjau dari kerangka komunitas dan ekosistem.

Penerapan konsep keseimbangan atau stabilitas dalam lintasan suksesi primer bukan hal baru. Misalnya, Clements menganggap bahwa, kecuali komunitas klimaks iklim, semua komunitas di suatu kawasan adalah tahap-tahap perkembangan dalam suksesi primer.

Lebih lanjut konsep poliklimaks menyiratkan bahwa harus ada keseimbangan permanen antara tahap-tahap suksesi itu dan faktor-faktor lingkungannya.

Supaya lebih berarti, konsep stabilitas atau keseimbangan dinamika harus dapat dikaitkan dengan skala waktu. Akan tetapi, karena laju perubahan bervariasi sekali menurut macam komunitas dan lingkungan, skala waktu absolut tidak mempunyai arti secara umum. Jadi, tahap-tahap keseimbangan harus diinterpretasikan sebagai tahap-tahap dengan stabilitas relatif (perubahan lamban) dalam kaitannya dengan tahap-tahap yang berubah relatif cepat.

Bila dilihat dari konteks laju perubahan relatif, konsep stabilitas komunitas sebagai satu tahap perubahan yang relatif lamban mempunyai arti penting.

Bagi ekologiwan vegetasi, ukuran paling penting tentang stabilitas komunitas adalah komposisi jenis dan struktur komunitas (Whittaker 1953; Daubenmire 1968). Jika komposisi jenis suatu komunitas tetap relatif konstan selama kurun waktu beberapa dekade, kita dapat berbicara sebuah stabilitas komunitas. Konsep stabilitas ini memungkinkan fluktuasi kerapatan individu atau kuantitas setiap jenis yang tercakup dalam komunitas, sehingga konsep ini tidak sekaku konsep menurut ekologiwan populasi. Tentu saja perubahan-perubahan dalam kuantitas jenis utama pembentuk struktur dari sebuah komunitas dapat menunjukkan sebuah pergeseran dalam perkembangan, yang mengakibatkan ketidakstabilan.

Oleh karena itu, tampaknya perlu untuk menginterpretasikan stabilitas komunitas juga dalam kaitannya dengan komposisi dan struktur bentuk-hidup

yang tetap hadir. Jelas bahwa perubahan struktur (misalnya perubahan dari hutan tertutup ke hutan terbuka) yang terjadi secara alami harus diinterpretasikan sebagai ketidakstabilan, bahkan bila tidak disertai dengan perubahan komposisi jenis. Tetapi, bila sebuah perubahan struktur dibalik, yang dapat terjadi setelah badai, perubahan struktur tidak diinterpretasikan sebagai ketidakstabilan, tetapi sebagai resistensi terhadap perubahan, yaitu stabilitas.

Untuk itu, pada komunitas tumbuhan darat, stabilitas komunitas paling baik diinterpretasikan sebagai suatu tahap dari keseimbangan dinamik yang tetap bertahan selama paling tidak beberapa dasawarsa. Stabilitas dapat dikenal dari komposisi jenis dan struktur yang relatif konstan selama kurun waktu tersebut. Komposisi jenis dan struktur dapat diukur dan prediksi tentang stabilitas dapat dibuat dari analisis struktur atau dari studi mengenai dinamika populasi dalam komunitas. Variasi tertentu komposisi jenis dan struktur dalam komunitas adalah gejala normal dalam sebuah komunitas stabil. Akan tetapi, sifat variasi ini harus jelas sehingga dapat memberikan bukti apakah variasi ini hanya osilasi, fluktuasi, atau perubahan terbalikkan (*reversible*) bukannya sebuah perubahan progresif dan searah. Jika bukti-bukti tersebut mengacu ke perubahan progresif dan searah, komunitas tidak lagi mempunyai karakter dan dapat dianggap tidak stabil atau rapuh.

### **13.5.5 KONSEP RUANG MELIBATKAN STABILITAS UMUM**

Stabilitas komunitas ditentukan oleh macam dan derajat perubahan dalam suatu kurun waktu. Akan tetapi, stabilitas komunitas juga terkait dengan luas komunitas secara geografi. Misalnya, berdasarkan petak cuplikan seluas 400 m<sup>2</sup>, komunitas hutan mungkin dianggap tidak stabil karena sebatang pohon besar dapat tumbang dan menciptakan rumpang, yang diikuti dengan invasi gulma. Secara lokal pembentukan rumpang menciptakan komposisi jenis dan struktur baru. Dalam satu hektare hutan yang sama dapat ditemukan beberapa rumpang seperti itu, jadi gulma atau heliofit lain yang mengisi rumpang tersebut termasuk ke dalam komposisi jenis secara keseluruhan.

Oleh karena itu, dalam konsep stabilitas termasuk juga skala geografi. Jadi, kita perlu menjelaskan konsep komunitas yang dimaksud bila kita membicarakan stabilitas komunitas. Stabilitas sebuah formasi lebih rendah daripada stabilitas vegetasi regional, sedangkan stabilitas sebuah asosiasi akan lebih kecil daripada stabilitas sebuah formasi, dan stabilitas sebuah sinusia akan lebih rendah daripada stabilitas sebuah asosiasi. Mengenai ekosistem yang ukurannya bervariasi, kita

dapat berbicara tentang stabilitas atau habitat lokal, stabilitas unit daerah aliran sungai atau unit lanskap, atau stabilitas regional dalam masing-masing kasus tersebut kaitan stabilitasnya akan berbeda.

Bila kita mengacu kepada zona vegetasi alam yang luas yang komposisi dan strukturnya belum mengalami perubahan besar untuk kurun waktu yang cukup lama, sebaiknya kita tidak memakai istilah klimaks dan lebih baik menggunakan istilah **zonal**, **azonal**, dan **ekstrazonal** atau **intrazonal**, seperti yang dikembangkan oleh geobotaniwan Rusia (lihat Walter 1943; 1954; 1964). Istilah-istilah tersebut hanya mempunyai implikasi geografi. Ketiga istilah tersebut digunakan khusus untuk vegetasi alam. Sebuah **komunitas tumbuhan zonal** (*zonal plant community*) dapat disamakan lebih kurang dengan **komunitas klimaks iklim** (*climatic climax community*) dan sebuah **komunitas azonal** (*azonal community*) sebanding dengan sebuah **komunitas klimaks edafik** (*edaphic climax community*) yang dikontrol terutama oleh kondisi tanah yang ekstrem. Istilah ekstrazonal dan intrazonal tidak mempunyai kesamaan arti dalam konsep suksesi.

Istilah zonal diterapkan kepada unit vegetasi tingkat tinggi, yang mencerminkan hubungan dekat dengan kondisi iklim sekarang di kawasan yang lebih luas dan yang telah berkembang tanpa ada intervensi manusia yang berarti terhadap tanah yang sifat-sifatnya tidak ekstrem. Misalnya, hutan campuran kayu keras yang didominasi *Fagus sylvatica* mewakili vegetasi zonal di pamah Jerman Barat Daya.

Vegetasi hutan zonal tidak dapat berkembang pada habitat dengan kelembapan air tanah berlebihan, habitat yang menderita kekeringan, atau yang sering menderita banjir atau kekurangan hara. Di sini dapat kita temukan komunitas tumbuhan azonal, seperti ara-ara teki, komunitas lumut gambut, hutan rawa, vegetasi pada batu, hutan aluvium, atau hutan *Quercus* yang toleran terhadap asam. Komunitas seperti itu ditemukan bukan hanya di satu zona vegetasi klimaks, melainkan juga di zona lain dengan komposisi yang sangat mirip. Vegetasi akuatik terutama hanya sedikit sekali bergantung kepada iklim zonal.

Batas antara vegetasi zonal dan azonal itu tidak mendadak. Misalnya, hutan-hutan pada tanah mineral basah mempunyai karakter zonal yang dominan. Tetapi, hutan-hutan tersebut mempunyai lebih banyak kesamaan dengan hutan-hutan dengan habitat serupa di zona sekitarnya daripada dengan hutan-hutan pada habitat yang kurang basah. Pada umumnya, konsep vegetasi zonal jangan

diartikan terlalu sempit sehingga kita tidak menyamakan konsep tersebut dengan subasosiasi, varian, atauosiasi, tetapi dalam beberapa kasus malah menyamakan dengan konsep formasi, subformasi, aliansi, atau asosiasi. Kalau dipahami secara sempit, definisi akan selalu diperdebatkan. Sebuah contoh yang baik dari klasifikasi yang luas adalah peta vegetasi Eropa Tenggara yang dibuat oleh Horvat (1954) dengan judul *Klimatogene Vegetationseinheiten* (unit vegetasi berbasis iklim, lihat juga Horvat, Glavač & Ellenberg 1974).

Vegetasi zonal di zona yang relatif hangat sering pula ditemukan di zona-zona lebih dingin pada sisi yang menghadap ke selatan, yang ditunjang oleh iklim lokal yang lebih hangat. Sebaliknya, vegetasi zonal di zona-zona lebih dingin dapat muncul pula di sisi yang menghadap ke utara di zona-zona sebelahnnya yang lebih hangat. Unit-unit vegetasi yang membentuk pulau-pulau seperti itu yang menyebar ke zona sebelahnnya disebut ekstrazonal.

Istilah intrazonal mengacu kepada unit-unit vegetasi yang terdapat hanya di satu zona vegetasi dan hanya ditemukan pada habitat lokal yang unik, misalnya hutan campuran *Corylus colurna-Fagus* pada lereng kering dalam zona *Fagion moesiicum* di Eropa Tenggara.

Vegetasi yang berperingkat geografi dan ekuivalen dengan zonal, azonal, ekstrazonal, dan intrazonal, tetapi vegetasi tersebut sudah banyak dipengaruhi kegiatan manusia disebut **vegetasi termodifikasi** (*modified vegetation*) bila paling tidak sebagian masih alami, dan **vegetasi lahan budi daya** (*cultivated vegetation*) bila vegetasi tersebut terdiri atas tanaman budi daya.

Sepintas konsep geografi ini serupa dengan konsep poliklimaks, tetapi menyangkut stabilitas hanya pada tingkat zona vegetasi yang didefinisikan dalam lingkup ekologi yang luas. Di sini kendali-stabilitas hanya dalam kategori umum, yaitu (a) iklim zonal atau iklim makro diartikan sebagai pengendali karakter vegetasi zonal, (b) iklim makro yang berpengaruh sangat kuat sehingga mengesampingkan faktor tanah atau fisiografi dianggap sebagai faktor pembentuk vegetasi azonal, (c) iklim lokal yang tidak cocok dengan iklim makro zonal dianggap sebagai penyebab yang membentuk vegetasi ekstrazonal, dan (d) pengaruh manusia yang kuat dianggap sebagai penyebab terbentuknya vegetasi termodifikasi.

Konsep tersebut tampaknya tidak seberapa membingungkan atau kontroversial bagi suatu pemahaman hubungan ruang secara umum daripada konsep monoklimaks dan konsep poliklimaks, karena konsep tersebut

menyangkut hanya stabilitas tinggi yang terdapat pada skala geografi yang besar. Meskipun demikian, konsep zonal bukan konsep dinamik. Alih-alih, konsep tersebut bermanfaat dalam membuat kerangka yang di dalamnya dapat ditelaah dinamika dan stabilitas komunitas dengan terinci dalam kaitannya dengan macam dan derajat gangguan serta tanggapan komunitas hayati yang besarnya berbeda-beda. Harus dipahami bahwa semua konsep ini merupakan kerangka ideal yang tidak akan dapat cocok dengan semua aspek kenyataan. Meskipun demikian, konsep-konsep tersebut sangat penting untuk kerangka berpikir. Oleh karena itu, konsep-konsep tersebut perlu direvisi untuk mendekatkan aproksimasi kepada kenyataan sejalan dengan masukan informasi baru dan penting.





# 14

## VEGETASI DAN PEMETAAN TAPAK

### 14.1 KONSEP VEGETASI DAN PEMETAAN TAPAK

Pemetaan untuk tujuan ekologi vegetasi biasanya melibatkan pelukisan dua dimensi secara grafis tentang pola-pola atau mozaik-mozaik komunitas tumbuhan, habitat atau tapak (*site*) suatu wilayah. Untuk tujuan tertentu pemetaan mungkin melibatkan pemetaan populasi jenis atau individu. Pemetaan langsung vegetasi yang ada harus dibedakan dengan jelas dari pemetaan vegetasi potensial, yang mungkin tidak pernah ada. Selain dari tujuan, perbedaan sering dihubungkan dengan skala pemetaan, seperti dijelaskan di bawah ini.

Selanjutnya, vegetasi sering digunakan sebagai suatu bantuan dalam pemetaan tapak atau habitat. Dalam hal ini, peneliti harus mengetahui ekologi suatu daerah secara amat rinci sebelum mereka melakukan pemetaan. Ini terkait terutama dengan pengenalan nilai indikator tapak masing-masing jenis, kelompok jenis (misalnya, kelompok ekologi) atau komunitas, dan pengenalan efek ekologi faktor-faktor tapak, seperti topografi, **rembesan** (*seepage*) dan kondisi air tanah, tekstur tanah dan karakter tanah lainnya, serta variasi gangguan.

Pemetaan tapak didefinisikan sebagai pemetaan potensi tapak atau kapasitas produktif habitat dengan bantuan vegetasi. Dengan demikian, pemetaan tapak juga merupakan suatu aspek pemetaan vegetasi, namun dapat melibatkan vegetasi secara tidak langsung. Di sini kita tidak akan menangani pemetaan lingkungan secara khusus, misalnya pemetaan tanah, hidrologi, dan topografi. Dalam beberapa kasus, pemetaan tapak dapat diselesaikan melalui pemetaan komunitas tumbuhan secara langsung. Dalam kasus-kasus tersebut, kita masih dapat membicarakan pemetaan vegetasi. Namun, dalam berbagai keadaan, kelompok-kelompok khusus jenis atau kadang-kadang jenis-jenis secara individual harus dipisahkan dalam kaitannya dengan potensi tapak, dan keandalan mereka sebagai indikator harus diuji dan diseimbangkan dengan konsep habitat yang diterapkan.

Penting untuk dipahami bahwa pemetaan dalam pengertian yang didefinisikan di sini adalah semacam pemetaan “tapak total” atau pemetaan “gabungan”, yang diartikan bahwa kedua parameter vegetasi dan lingkungan dapat dengan sengaja digabungkan dalam kriteria pemetaan. Pemetaan tapak terutama diterapkan untuk tujuan praktis.

## 14.2 MOZAIK KOMUNITAS TUMBUHAN

### 14.2.1 KOMPLEKS KOMUNITAS ALAMI

Tidak dapat dibayangkan bagaimana suatu komunitas tumbuhan tanpa ruang yang ditempatinya. Oleh karena itu, suatu komunitas tumbuhan merupakan fenomena geografi dengan variasi spasial. Namun, variasi ini tidak sembarangan. Alih-alih, variasi tersebut berkorelasi dengan kombinasi habitat secara berulang yang cenderung membentuk **pola** (*pattern*) atau **mozaik** (*mosaic*)

Komunitas tumbuhan, yang habitatnya terdapat dalam suatu pola mozaik, disebut suatu kompleks komunitas. Du Rietz (1930, 338) mengenal empat kategori kompleks komunitas menurut susunan geografi habitat dan derajat kompleksitas:

1. **Kompleks-mozaik** (*mosaic-complex*), yaitu suatu kompleks komunitas alami yang terdapat pada ruang kecil. Sebagai contoh, kompleks mozaik rawa yang sedang berkembang dengan bukit kecil dan cekungannya, yang dipertelakan oleh Grisebach.
2. **Kompleks-zonasi** (*zonation-complex*), misalnya, suatu zonasi atau pemintakatan alami yang terjadi secara teratur di suatu area kecil. Ini meliputi, misalnya, zonasi sekitar suatu tutupan salju di Pegunungan Alpen, atau komunitas yang terkait dengan berbagai mintakat pada suatu tepi danau atau suatu tepi sungai; atau kompleks mozaik suatu rawa, yang tersusun secara konsentris di sekitar kompleks area pusatnya, mintakat dekat pinggir, lereng marginal tererosi, dan vegetasi terna paya di sekitarnya.
3. **Wilayah vegetasi** (*vegetation region*), yaitu kompleks komunitas alami yang biasanya sangat bervariasi dan tersebar di kawasan yang luas, dan dengan satu atau beberapa komunitas yang dominan. Sebagai contoh, kita mengenal kompleks tundra, wilayah hutan konifer Eropa Utara, wilayah hutan pohon *oak-birch* Atlantik dengan di antaranya rawa dan dan paya serta bukit pasir pedalaman, atau wilayah hutan Mediterania malar hijau. Wilayah vegetasi Du Rietz sebagian besar cocok dengan konsep **biom** (*biome*) Shelford (1963).

4. **Sabuk vegetasi** (*vegetation belt*), yaitu suatu kompleks alami wilayah-wilayah vegetasi yang elevasi relatifnya bertepatan. Sebagai contoh adalah sabuk lereng bagian timur tropik basah Pegunungan Andes; atau sabuk lahan pamah Eropa Tengah, yang di dalamnya dapat dibedakan wilayah hutan pasang (*oak forest*) pada tanah asam dan hutan pinus dalam iklim benua; tetapi khususnya wilayah hutan campuran yang didominasi *beech* (*Fagus*) pada tanah berlempung.

Empat konsep geografi tersebut biasanya cukup untuk memertelakan kompleks vegetasi alami. Susunan spasial unit-unit vegetasi telah mendapat perhatian khusus dalam geografi vegetasi (Schmithüsen 1959, 1968).

#### 14.2.2 KOMPLEKS KOMUNITAS LANSKAP LAHAN BUDI DAYA

Kita dapat membedakan dua macam kompleks komunitas, yaitu **komunitas pengganti** (*replacement community*) dan **komunitas kontak** (*contact community*).

##### 14.2.2.1 Komunitas pengganti

Dalam pengusulan empat kategori di atas, Du Rietz khususnya berpikir tentang mozaik habitat dan komunitas alami. Namun, apa yang lebih jelas terlihat dalam lanskap saat ini adalah mozaik vegetasi yang dikelola, seperti perkebunan, hutan, ara-ara, lahan kerangas, lahan pertanian, dsb. Di mana pun komunitas yang dibuat dan dikelola manusia terdapat dan tumbuh pada habitat yang pada hakikatnya secara fisik sama seperti komunitas alami dikenal sebagai **komunitas pengganti**.

Sebagai contoh, komunitas pengganti hutan *beech* berkapur (*Fagetum elymetosum*) di pegunungan Eropa Tengah adalah padang rumput agak kering (*Mesobrometum*) ketika dijadikan padang penggembalaan; menjadi ara-ara *Arrhenartherum* bila dibabat dan dipupuk; dan membentuk suatu komunitas gulma *Delphinium* ketika dipakai sebagai lahan tanaman budi daya. Melalui **praktik terubusan** (*coppice practice*), yaitu pemotongan untuk merangsang pertumbuhan terubusan menjadi pohon, pada zaman pertengahan, hutan *beech* diubah menjadi suatu hutan *oak-hornbeam* (*Querceto-Carpiletum primuletosum*) dan melalui penghutanan kembali *Mesobrometum*, suatu komunitas hutan konifer berkembang dengan tumbuhan bawah *Brachypodium pinnatum* yang melimpah. Jika padang rumput yang setengah kering ditinggalkan berkembang sendiri atau dijadikan padang penggembalaan hanya sewaktu-waktu, padang rumput tersebut diinvasi oleh sejumlah besar jenis-jenis semak. Semua ini dan sejumlah

komunitas lain membentuk kompleks komunitas pengganti atau kompleks lanskap lahan budi daya di hutan *beech* tanah berkapur. Schwickerath (1954) menamai kompleks komunitas pengganti suatu **cincin komunitas** (*community ring*). Cincin atau kompleks semacam itu memainkan suatu peran, khususnya dalam klasifikasi geografi lanskap dan dalam pemetaan habitat.

Jumlah komunitas pengganti di suatu habitat terbatas. Misalnya, di tapak hutan *oak-birch* (*Quercus robur-Betuletum molinietosum*) di lahan pamah Jerman Utara hanya dapat berkembang komunitas pasir kerangas basah (*Calluno-Genistetum molinietosum*) setelah penggembalaan dan penggunaan ekstensif, tetapi bukan kerangas *crowberry* (*Calluno-Genistetum empretetosum*) atau komunitas-komunitas kerangas yang lain. Yang sama sekali tidak mungkin berkembang adalah kerangas tipe *Mesobrometum*, yakni padang rumput kering dan padang rumput agak kering pada tanah-tanah yang diperkaya basa. Dengan pengelolaan yang tepat, mungkin sekali hutan *oak-birch* basah diganti oleh subasosiasi tertentu ara-ara rumput *dog's tail* (*Lolium-Gynosuretum loletosum*), sementara konversi ke komunitas ara-ara yang lain memerlukan suatu upaya yang jauh lebih besar. Bahkan ketika lahan digunakan untuk produksi tanaman budi daya sering hanya komunitas pengganti tertentu yang mungkin dapat berkembang, yakni suatu komunitas gulma dengan sejumlah jenis indikator keasaman dan kelembapan. Tetapi, dengan pemberian gamping yang intensif pada tanah, komunitas gulma akan diperkaya dengan tumbuhan yang menyukai nitrat.

Karena pemilihan tanaman budi daya dibatasi oleh faktor intrinsik habitat tertentu, tanaman budi daya dapat juga dianggap sebagai komponen kompleks regional komunitas pengganti vegetasi hutan sebelumnya. Sebagai contoh, *alfalfa* (*Medicago sativa*) tidak tumbuh pada tanah yang sebelumnya merupakan hutan *beech-oak* basah, dan *barley* (*Hordeum* spp.), gandum serta gula bit menunjukkan panen yang rendah. Sebaliknya gandum hitam (*rye*) dan khususnya *oats*, tetapi juga semanggi merah (*red clover*), bit pakan ternak, kubis berbatang lunak, dan beberapa tanaman sayuran berhasil tumbuh.

Komunitas stabil suatu wilayah vegetasi bersama dengan komunitas pengganti membentuk suatu kompleks vegetasi yang sering berulang dalam cara serupa di bawah kondisi geologi, iklim, dan pengelolaan yang sama. Krause (1952) mempelajari suatu kompleks semacam itu yang tersebar di seluruh wilayah sebarannya dari Eropa Tengah hingga ke Asia, dan dia menyajikan komunitas yang lebih penting dalam sebuah tabel. Tabel ini disusun dengan cara yang sama seperti tabel sintesis releve atau komunitas-komunitas tumbuhan secara

individual. Dalam tabel ini, suatu kombinasi karakteristik komunitas tumbuhan yang terdapat secara teratur dan berulang dibedakan dari suatu rangkaian komunitas tumbuhan yang hanya terjadi secara lokal, yang khas untuk wilayah berbeda. Ini mungkin cukup untuk suatu pemahaman umum, tetapi untuk rincian lebih lanjut, seyogianya kita menelaah karya aslinya.

#### 14.2.2.2 Komunitas Kontak

Kebanyakan komunitas pengganti dapat terjadi dalam posisi yang secara geografi bertetangga. Tüxen & Preising (1942) menamakan komunitas tersebut *komunitas kontak*. Namun, pola ini tidak hanya berlaku bagi komunitas pengganti, tetapi juga bagi komunitas-komunitas lain, misalnya komunitas merakan (*Juncus* spp.) dan komunitas teki-teki tinggi (*tall sedges*) atau ara-ara *Arrhenatherum* dan ara-ara *Cirsium* yang sering terdapat berdampingan karena habitat mereka berbeda hanya dalam derajat satu faktor, yaitu kelembapan tanah. Dengan kata lain, mereka agak serupa (lihat Gambar 14.1). Cara mempelajari kompleks komunitas paling meyakinkan adalah melalui pemetaan unit-unit vegetasi.

### 14.3 TUJUAN PEMETAAN

Peta sangat membantu untuk memahami hubungan spasial komunitas tumbuhan atau unit-unit vegetasi. Berikut ini adalah beberapa manfaat peta dalam tahap-tahap pelaksanaan suatu penelitian ekologi di suatu kawasan.

1. *Untuk menyediakan kerangka kerja penelitian.* Ketika memulai suatu penelitian ekologi suatu kawasan akan bermanfaat untuk terlebih dahulu membagi penutup vegetasi umum ke dalam subunit-subunit yang lebih homogen. Untuk tujuan ini, foto udara merupakan sarana terbaik. Pola yang lebih jelas pada foto udara dapat digambar di laboratorium. Dengan cara peninjauan lapangan secara berulang, pola-pola yang dikenal sebelumnya dapat diteliti dan dibuktikan jika perlu. Dengan dasar ini, biasanya kita dapat dengan mudah menetapkan unit-unit vegetasi secara struktural atau komunitas dominan (misalnya, unit-unit didefinisikan berdasarkan jenis dominan).
2. *Untuk meletakkan tegakan cuplikan atau releve.* Peta-peta yang dibuat dari foto udara dan pengamatan lapangan dapat digunakan sebagai dasar untuk menyebar petak-petak cuplikan. Petak-petak cuplikan tersebut dapat digunakan untuk memertelakan kandungan floristik subunit-subunit yang telah ditetapkan, untuk pengujian validitas subdivisi-subdivisi dalam berbagai bagian kawasan yang dipetakan, untuk membuat verifikasi batas-batas yang digambarkan pada

peta, atau untuk tujuan lain (misalnya petak permanen untuk studi fenologi, studi suksesi, studi aktivitas binatang, dsb.). Peta menyajikan peluang untuk menyebar cuplikan secara baik dalam pengertian distribusi geografi dan variasi vegetasi. Foto udara sendiri dapat bermanfaat untuk meletakkan releve. Begitu foto udara diubah menjadi sebuah peta, langkah pertama suatu investigasi telah diselesaikan dan peta dapat membantu pembuatan sejumlah hipotesis kerja seperti ditunjukkan secara ringkas di atas.

3. *Untuk membantu dalam pembuatan klasifikasi vegetasi.* Tanpa pemetaan unit-unit vegetasi, suatu klasifikasi akan tampak menarik di atas kertas, namun ketika diuji di lapangan, klasifikasi tersebut mungkin akan memperlihatkan kesenjangan karena peralihan-peralihan tertentu atau ekoton belum sepenuhnya dimasukkan. Dengan demikian, suatu peta dapat berfungsi sebagai suatu alat untuk menguji sebuah klasifikasi, sebab peta mendorong peneliti untuk mengakomodasi semua variasi dalam skemanya. Dengan mengerjakan hal tersebut, proses pemetaan dapat menghasilkan perbaikan-perbaikan dan karenanya membantu dalam pembuatan suatu klasifikasi yang realistis.
4. *Untuk memberikan gambaran rinci struktur spasial suatu pola atau mosaik vegetasi.* Untuk maksud ini, peta berskala besar, yang memperlihatkan unit-unit vegetasi secara baik, sangat diperlukan. Walaupun sebaran peta hanya merupakan suatu abstraksi hasil peneropongan vegetasi nyata, peta yang paling realistis adalah yang dibuat secara benar pada skala yang lebih besar. Sebagai contoh, peta yang memotret kompleks zonasi (Gambar 13.1) masuk dalam kategori ini.
5. *Untuk studi suksesi.* Semua peta vegetasi yang dibuat hanya berdasarkan vegetasi yang ada merupakan suatu dokumentasi yang “dibekukan” menurut waktu. Dengan demikian, peta-peta tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi perubahan-perubahan suksesi (seperti ditunjukkan oleh Gambar 13.1). Ini tidak secara otomatis benar untuk peta-peta tapak yang didasarkan pada indikator tumbuhan, karena peta-peta tersebut disiapkan untuk menunjukkan potensi tapak, yang biasanya merupakan sifat yang lebih permanen ketimbang vegetasi yang ada.
6. *Untuk menunjukkan sebaran geografi unit vegetasi khusus.* Suatu analisis sebab-musabab secara rinci tentang suatu unit vegetasi khusus (misalnya, suatu kelompok ekologi atau asosiasi) dapat diperluas dan mencakup investigasi korologi (biogeografi). Dalam kasus ini kita tidak perlu memotret keseluruhan mosaik vegetasi suatu wilayah. Alih-alih, kita dapat

menunjukkan sebaran geografi unit vegetasi ini dengan memberi citra reduhan (*shading*) atau membuat titik-titik pada peta tinjau berskala kecil, atau kita dapat menunjukkan sebaran umum unit dengan melukiskan unit-unit tersebut pada suatu peta skala kecil.

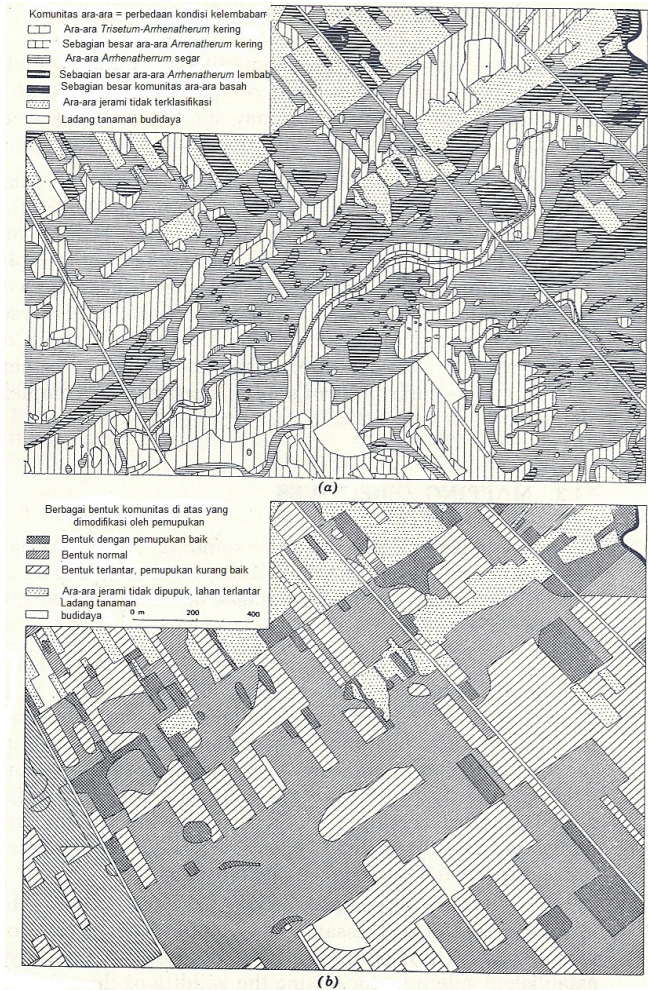
7. *Untuk membantu penelitian analisis sebab-musabab komunitas tumbuhan.* Peta yang didasarkan pada vegetasi yang ada dapat dibandingkan dengan peta lingkungan. Peta lingkungan harus dibuat hanya berdasarkan parameter lingkungan dan seyogianya dengan skala yang sama. Peta geologi, peta tanah, peta sebaran faktor iklim, peta sejarah, dsb. dapat digunakan untuk menghubungkan tipe-tipe vegetasi dengan berbagai faktor lingkungan. Berbagai ekosistem dapat ditetapkan atas dasar ini, dan indikasi penyebab variasi vegetasi mungkin juga dapat diperoleh.
8. *Untuk tujuan terapan.* Unit-unit vegetasi yang merefleksikan faktor-faktor habitatnya dengan sangat baik dapat digunakan untuk penyiapan peta habitat. Namun, peta semacam itu dapat juga disiapkan dengan cara yang lebih langsung. Dengan menggunakan indikator lingkungan sifat-sifat kelompok jenis atau komunitas, peta tapak dapat dibuat tanpa memperlihatkan vegetasi itu sendiri. Alih-alih, kita, misalnya, dapat menunjukkan kecocokan suatu area untuk penanaman tanaman budi daya tertentu atau tipe-tipe habitat yang batasnya ditentukan oleh tumbuhan indikator.

Dalam kasus terakhir ini, peta-peta tersebut bukan suatu peta vegetasi yang sebenarnya, melainkan peta tapak, yaitu suatu peta yang memperlihatkan potensi tapak yang dievaluasi melalui berbagai aspek vegetasi yang ada atau vegetasi sebelumnya, atau melalui eksperimen. Sebagai contoh, percobaan regenerasi melalui penebaran biji atau penanaman dapat memberi suatu jawaban tentang keberhasilan relatif pemantapan kembali pohon-pohon dalam seperangkat habitat-hutan tertentu. Untuk pemetaan peluang regenerasi di kawasan yang lebih luas, kita dapat menggunakan tumbuhan indikator dan karakteristik lain, seperti topografi atau tekstur tanah, untuk mendefinisikan habitat. Aspek ini meliputi bidang luas dalam penerapan praktis ekologi vegetasi. Untuk pengelola, sering kali tidak mungkin, atau setidaknya sangat sulit, untuk menerjemahkan hasil-hasil penelitian vegetasi ke dalam penggunaan praktis. Oleh karena itu, dalam membuat interpretasi hasil-hasil penelitian, pakar ekologi vegetasi seyogianya mempertimbangkan bahwa mereka mempunyai tugas untuk membantu pengelola lahan pertanian, lahan kehutanan, padang rumput, arsitektur lanskap,



## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

serta taman dan hidupan liar. Metode terbaik untuk membuat interpretasi penelitian semacam ini adalah sering kali dengan penyiapan peta untuk maksud penggunaan spesifik atau kolaborasi dalam suatu proyek interdisipliner yang bertujuan untuk pembuatan peta-peta semacam itu.



**Gambar 14.1** Peta komunitas padang rumput di lembah Danube sebelah selatan Ulm (lihat Tabel 9.7). (a) Komunitas tidak berperingkat sebagai indikator kelembapan, (b) Bentuk-bentuk vegetasi (fasies), yang berkembang setelah pemupukan dan pengelolaan dan tidak tanggap terhadap perbedaan tanah. Dalam banyak hal yang terakhir dapat disamakan dengan sosiasi Du Rietz. Bentuk yang dipupuk baik=*Arrhenatherum* dan rumput-rumput tinggi lainnya; bentuk yang tidak dipupuk dengan baik=rumput pendek dan terna rendah, seperti *Plantago lanceolata* (Dari Ellenberg 1952).

#### 14.4 MUATAN DAN SKALA PETA

Pada peta vegetasi dan peta tapak, muatan dan skala terutama bergantung kepada tiga faktor: [a] tujuan untuk apa peta dibuat, [b] perincian dan ketelitian informasi pokok yang mendasari, dan [c] sayangnya, sering juga ketersediaan dana untuk mempersiapkan dan mencetak peta.

Suatu bibliografi yang baik sekali tentang peta vegetasi yang pernah diterbitkan telah dikompilasi oleh Kùchler dan McCormick (1965; Kùchler 1966; 1968; 1970). Dalam kompilasi ini, peta disusun berdasarkan negara dan tanggal publikasi. Legenda peta direproduksi dalam teks asli sehingga kita dapat memperoleh gambaran jelas tentang muatan informasi dan pemakaiannya.

Berikut adalah berbagai kemungkinan bagan informasi peta dengan skala yang bervariasi:

1. *Peta skala kecil untuk gambaran umum.* Kategori ini meliputi peta-peta berskala 1 : 1 juta atau lebih kecil. Pada peta berskala 1 : 1 juta, 1 cm pada peta mewakili 10 km di lapangan. Peta-peta semacam itu biasanya hanya dapat menyajikan unit vegetasi umum pada peringkat formasi (lihat Bab 8) atau unit-unit stabil yang digeneralisasikan (seperti unit-unit vegetasi zonal, azonal, atau unit-unit vegetasi umum yang telah dimodifikasi) atau komunitas klimaks alami yang diduga merupakan tahap akhir suksesi primer (lihat Bab 13). Contoh-contohnya adalah peta “Potensi Vegetasi Alam” Amerika dengan skala 1 : 7,5 juta (Kùchler 1964; 1965); peta “Klasifikasi Hutan” Kanada dengan skala 1 : 6,4 juta (Rowe 1957; 1959); peta “Zona Biogeoklimat” British Columbia dengan skala 1 : 5,5 juta (Krajina 1969); atau “Peta Vegetasi Internasional” dengan skala 1 : 1 juta, termasuk satu untuk Sri Lanka (Gaussen’s et al. 1964). Masih dalam kategori lebih kecil, tetapi menarik karena kejelasan dan kandungan informasinya, adalah peta vegetasi dunia Schmithùsen (1968) pada skala 1 : 25 juta.
2. *Peta skala menengah untuk orientasi regional.* Ini meliputi peta-peta dalam kisaran skala 1 : 1 juta sampai sekitar 1 : 100.000 (1 cm pada peta = 1 km di lapangan). Peta-peta ini mungkin sudah mencakup keterwakilan unit vegetasi yang ditetapkan secara floristik seperti aliansi (lihat Bab 8) atau komunitas dominan ataupun komunitas yang ditetapkan secara struktural. Namun, pada kisaran skala ini unit-unit vegetasi sering digeneralisasikan untuk menunjukkan vegetasi “alami potensial” (untuk definisi, lihat bagian berikutnya) ketimbang batas-batas vegetasi secara aktual yang ada.

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

Suatu contoh adalah peta “Vegetasi Perancis” Gaussen dengan skala 1 : 200.000, yang sebagian ditunjukkan oleh Kùchler (1967, 259), atau “Peta Vegetasi yang digeneralisasikan” Taman Nasional Ruhuna, Sri Lanka, yang diterbitkan Mueller-Dombois (1972), dengan skala 1 : 140.000. Kùchler (1954) menyajikan suatu pembahasan khusus untuk peta vegetasi pada kisaran skala menengah.

3. *Peta skala besar.* Ini meliputi sebagian besar peta dalam kisaran skala 1 : 100.000 hingga 1 : 10.000 (1 cm pada peta = 100 m di lapangan; atau 1cm<sup>2</sup> pada peta = 1 hektare). Peta semacam itu mengizinkan keterwakilan banyak atau hampir semua unit vegetasi yang ditentukan melalui jenis dominan, atau definisi floristik yang lain, atau melalui atribut struktural (untuk penjelasan, lihat Lampiran C). Dalam kisaran skala ini, batas-batas aktual vegetasi yang ada dapat dipetakan. Peta-peta semacam itu memerlukan persiapan kerja lapangan yang intensif selama berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun. Dengan demikian, hanya negara kecil, seperti Belgia, dapat membuat suatu pemetaan ekologi yang mencakup seluruh negeri pada kisaran skala ini. Dalam banyak contoh, peta vegetasi atau peta tapak pada skala ini hanya disiapkan untuk area tertentu sebagai contoh kasus. Peta-peta topografi biasa dibuat dalam kisaran skala ini. Sebagai contoh adalah peta “Vegetasi Maenam Ping barat di Thailand” dengan skala 1 : 30.000 (Kùchler & Sawyer 1967), “Peta Vegetasi Taman Nasional Ruhuna, Sri Lanka” dengan skala 1 : 32.000 (yang mendasari peta vegetasi yang digeneralisasikan yang diacu di atas (Mueller-Dombois 1969), atau enam peta ekologi 1 : 10.000 yang disiapkan oleh penulis-penulis berbeda untuk perbandingan metode-metode internasional di Swiss (Ellenberg 1967).
4. *Peta rinci skala sangat besar.* Contoh-contohnya adalah peta pada skala 1 : 5.000 atau 1 : 1.000 (1 cm di peta = 10 m di lapangan, atau 1 ha = 1 dm<sup>2</sup> pada peta). Peta-peta semacam itu disiapkan hanya untuk tujuan khusus, misalnya untuk dokumentasi suatu cagar alam atau petak penelitian. Peta-peta berskala besar semacam itu merupakan penggunaan khusus dalam studi terkait perubahan vegetasi. Peta suksesi dalam Gambar 13.1 adalah dalam kisaran skala ini. Contoh lain adalah peta vegetasi Neeracher Riet dengan skala 1 : 2.500 di Swiss (Ellenberg & Klötzli 1967).
5. *Grafik-Kuadrat untuk pemetaan semua jenis penting.* Kuadrat satu meter persegi biasanya secara konvensional dapat dipetakan pada skala 1 : 10 (10 cm di kertas catatan = 1 m pada permukaan tanah, atau 1 cm<sup>2</sup> pada kertas

= 1 dm<sup>2</sup> pada permukaan tanah). Metode ini berguna untuk jenis terna dan semai pohon (lihat Bab 5). Untuk pohon, yang cocok adalah skala agak lebih kecil, misalnya 1 : 100 (1 cm pada kertas catatan = 1 m pada permukaan tanah). Dengan demikian, transek-sabuk 10 x 50 cm memerlukan kertas catatan 10 x 50 cm, yang memungkinkan untuk memetakan posisi individu pohon, semak, dan bagan tajuknya. Yang paling baik untuk memetakan posisi yang tepat adalah dengan membagi transek sabuk dengan benang ke dalam anak-anak petak masing-masing berukuran 10 x 10 m atau lebih kecil jika diperlukan. Peta-peta kuadrat semacam itu bermanfaat untuk banyak tujuan, seperti pertelaan struktur tegakan secara rinci, pemetaan pohon komunitas tumbuhan bawah, pemetaan fase-fase dinamika (seperti ditunjukkan dalam Gambar 13.2) dan sebagai suatu teknik dasar untuk rekaman petak pohon permanen. Teknik ini juga sering bermanfaat untuk menggambarkan grafik kuadrat suatu cuplikan hutan dalam bentuk diagram profil (lihat Bab 8, Gambar 8.3).

### 14.5 VEGETASI AKTUAL DAN POTENSIAL

Vegetasi sebenarnya atau **vegetasi aktual** (*actual vegetation*) adalah mozaik vegetasi suatu area yang sekarang ada, yang dapat disajikan hanya pada peta dengan skala besar. Ini adalah tipe-tipe peta 3, 4, dan 5 yang dibahas di atas, dengan skala sekitar 1 : 100.000 dan lebih besar. Pada peta semacam itu, sebagian besar unit-unit vegetasi dapat ditunjukkan oleh luas area mereka yang sebenarnya. Ini berlaku untuk vegetasi yang saat ini ada maupun untuk **vegetasi nyata menurut sejarah** (*historically real vegetation*), yaitu untuk vegetasi yang pernah ada di suatu wilayah pada masa sebelumnya. Namun, rekonstruksi vegetasi nyata menurut sejarah sering agak tidak akurat. Sesungguhnya, pemetaan sebaran vegetasi memerlukan suatu generalisasi, abstraksi, atau tipifikasi pola vegetasi yang secara nyata ada. Sebagai contoh, pada sebuah peta berskala 1 : 5.000, kita dapat menggambarkan asosiasi, subasosiasi, atau bahkan varian (menurut konsep Braun-Blanquet), tetapi tidak dapat melukiskan fasies (*facies*), yakni jenis atau kelompok jenis yang mendominasi hanya pada beberapa meter persegi seperti ditunjukkan pada peta suksesi (Gambar 13.1.). Setiap “unit” yang ditandai dengan simbol pada suatu peta merupakan abstraksi atau tipifikasi suatu mozaik tumbuhan yang nyata.

**Peta-peta ikhtisar umum** (*overview maps*) dengan skala kecil dan menengah (tipe 1 dan 2 di atas), menurut aturan tidak dapat digunakan untuk menghasilkan mozaik vegetasi sekarang ada atau pola nyata vegetasi yang menurut sejarah ada.

Dalam pembuatan sebuah peta ikhtisar umum, kita dapat menggunakan berbagai cara, bergantung kepada tujuan peta.

Generalisasi paling sederhana adalah merepresentasikan tipe tipe vegetasi umum atau utama yang ada dan menghilangkan yang lain. Batas-batas yang melingkari unit-unit kecil dihilangkan dan unit-unit kecil akan kemudian terserap ke dalam unit besar, yang membuat kontak atau merangkum unit-unit kecil. Bentuk generalisasi ini dipakai dalam peta-peta Mueller-Dombois di Sri Lanka yang diacu dalam butir 2 di atas.

Yang lebih sulit adalah pekerjaan menyajikan **tipe-tipe kompleks vegetasi** dalam batas skala geografi yang ditentukan, yakni kompleks mozaik kecil, kompleks zonasi, atau wilayah vegetasi atau vegetasi subwilayah, seperti dibahas dalam Bab 14.2.

Tipifikasi kompleks vegetasi menjadi benar-benar problematik ketika kawasan yang dipetakan tidak lagi tertutup vegetasi alami ataupun mendekati alami, namun alih-alih telah diubah menjadi lanskap lahan budi daya. Selanjutnya, keterdapatn komunitas pengganti yang berdampingan sering semauanya atau tanpa suatu kesamaan hubungan sehingga mereka tidak dapat dikelompokkan ke dalam tipe-tipe. Alih-alih berusaha untuk memetakan vegetasi nyata, dalam situasi seperti ini banyak peneliti lebih senang memproyeksikan citra vegetasi “alami”, yakni vegetasi dianggap hadir di sana tanpa intervensi manusia.

**Alami** (*natural*) seyogianya tidak dikacaukan dengan **asli** (*original*), yakni macam vegetasi yang ada di suatu kawasan sebelum dipengaruhi manusia. Di Eropa, misalnya, awal mula interaksi manusia dengan vegetasi terjadi jauh ke belakang dalam sejarah, yang pada saat itu terdapat suatu iklim umum yang berbeda dan flora yang berbeda pula di Benua Eropa.

**Vegetasi alami** (*natural vegetation*) dapat dipahami dalam pengertian **vegetasi klimaks** (*climax vegetation*) atau **vegetasi zonal** (*zonal vegetation*) (lihat Bab 13) atau menurut Tüxen (1956) sebagai **vegetasi alami potensial** (*potential natural vegetation*). Dalam masing-masing kasus, konsep amat hipotetis, khususnya ketika batas-batas pada peta harus digambar. Suatu hal yang tidak mungkin untuk menduga dengan sangat tepat penutupan tumbuhan apa yang akan ditunjang suatu segmen lahan sepanjang perjalanan waktu jika manusia dan binatang piaraannya secara menyeluruh dihilangkan dari skenario. Prediksi semacam itu menjadi tidak menentu, khususnya karena laju yang berbeda perkembangan komunitas pengganti menjadi komunitas “alami” yang relatif

stabil. Laju ini ditentukan oleh iklim lokal, tanah, status vegetasi saat ini, dan interaksi kompetitif antarjenis. Dalam beberapa kasus, perkembangan ke dalam suatu keadaan stabil atau keseimbangan dinamik dengan seperangkat faktor baru mungkin berlangsung lama sekali sehingga tanah, iklim, dan struktur genetika populasi spesies yang penting berubah pula secara signifikan.

Untuk menangani dilema ini, Tüxen (1956) mengusulkan konsep **vegetasi alami potensial** yang didasarkan pada vegetasi dan mozaik tapak yang ada. Ia mendefinisikan konsep **vegetasi alami potensial kini** (*potential natural vegetation of today*) sebagai struktur vegetasi yang akan terbentuk jika semua rangkaian suksesi telah lengkap tanpa intervensi manusia di bawah kondisi iklim dan edafik yang ada (termasuk yang dibuat manusia). Dengan formula gaib ini, Tüxen mempersempit permasalahan ke inti hubungan vegetasi dan lingkungan.

Peta-peta yang mewakili vegetasi alami potensial hari ini (atau disingkat vegetasi potensial) pada hakikatnya tidak lebih dari peta tapak skala kecil yang disiapkan dengan menggunakan vegetasi yang ada saat ini sebagai indikator. Untuk penyiapan peta-peta tersebut, kita juga sering menggunakan penelitian tanah dan peta-peta tanah, data iklim, dan informasi sejarah. (Sebagai contoh: Peta vegetasi Jerman Barat Laut pada skala 1 : 200.000 dibuat oleh *Bundesanstalt für Vegetationskartierung*, Hannover).

Vegetasi alami potensial hanya dapat dibangun. Vegetasi semacam itu belum pernah benar-benar ada dan tidak pernah akan ada dalam bentuk yang diproyeksikan pada peta. Ini disebabkan vegetasi alami potensial merupakan suatu abstraksi konseptual yang dibentuk dari suatu pengetahuan vegetasi yang ada, kecenderungan perkembangannya, dan kondisi tapaknya. Oleh karena itu, suatu peta vegetasi alami potensial menyajikan cermin-citra tentang status pengetahuan saat ini mengenai vegetasi potensial sekarang di suatu wilayah. Jika pembatasan ini jelas dalam pikiran kita, peta semacam itu dapat digunakan untuk upaya yang menguntungkan, baik untuk maksud praktis maupun sebagai dasar untuk memulai penelitian yang lain.

Gagasan tentang vegetasi alami potensial dan kompleksitasnya terus mendapat banyak perhatian dari pakar ekologi di Eropa kontinental. Ekologiwani Anglo-Amerika sering tidak menyadari tentang masalah ini atau mereka memandang upaya ini sebagai sesuatu yang amat subjektif dan agak kurang penting. Namun, perbedaan-perbedaan dalam masalah ini dapat dimengerti jika kita mengingat bahwa vegetasi Eropa, khususnya vegetasi di bagian selatan dan bagian barat

Eropa, telah dimodifikasi sejak ribuan tahun lalu. Apa yang akan tumbuh secara alami dalam suatu lanskap seperti itu di bawah kondisi iklim dan tanah tertentu merupakan pertanyaan dalam benak ekologiwan dan pengelola di negara-negara tersebut. Suatu jawaban untuk pertanyaan tersebut dapat banyak membantu mengklarifikasi potensi ekologi suatu negara semacam itu. Jawaban tersebut dapat juga membantu untuk mengklarifikasi hubungannya dengan lanskap yang lain yang tertutup vegetasi yang tidak terlalu kuat dimodifikasi oleh manusia.

Sebaliknya, di Amerika Utara, efek jangka panjang kegiatan manusia terhadap vegetasi mulai tampak hanya beberapa ratus tahun yang lalu. Sebaran dan intensitas efek-efek tersebut telah banyak diketahui. Karena itu, mereka jarang sekali menjadi masalah penelitian dalam ekologi vegetasi. Selanjutnya, masih banyak sisa vegetasi asli, setidaknya dalam wilayah hutan Amerika Utara, yang masih mungkin untuk diteliti langsung tanpa mengacu kepada situasi hipotetis.

Di Amerika Utara tampaknya pemikiran tentang vegetasi alami potensial hanya perlu di pinggir lanskap daerah kering, yakni sepanjang batas-batas prairi dan semigurun. Mungkin vegetasi hutan di sini (seperti ditemukan di lanskap daerah kering Eropa selatan) lebih tersebar luas ketimbang yang sejauh ini diasumsikan.

## 14.6 SIMBOL DAN WARNA PETA

Berbagai pertanyaan yang terkait dengan aspek teknis, seperti simbol dan warna peta, telah banyak dibahas dan dicapai persetujuan tentatif. Küchler (1967) mencurahkan satu bab untuk membahas ini. Namun, karena banyak variasi karakter dalam tutupan tumbuhan, sejauh ini tidak mungkin untuk memperoleh suatu pemecahan yang secara umum memuaskan. Meskipun demikian, tampaknya karena mempunyai nilai praktis, sebaiknya kita mengikuti aturan tertentu. Umumnya, sifat-sifat tapak khusus ditandai dengan warna-warna berikut:

**Merah** = sangat kering (atau panas)

**Kuning** = kering (agak panas)

**Hijau** = antara (berkenaan dengan kelembapan dan panas)

**Biru** = basah (atau dingin)

Intensitas warna sering dipakai untuk menunjukkan perbedaan struktur vegetasi. Sebagai contoh: warna kuat = vegetasi hutan; warna berangsur lebih pucat dengan arsir (*hatching*) sempit sampai lebih lebar = semak, semak katai, padang rumput; dan warna pucat atau tidak berwarna tanpa arsir = tutupan tumbuhan tipis dan renggang, gurun atau lahan berbatu, dsb. Sistem warna ini pada dasarnya adalah sistem yang dikembangkan Gaussen.

Dalam pemilihan simbol pada bidang yang diwarnai, aturan, aturan berikut terbukti berguna: tidak ada atau hanya simbol sederhana = tipe vegetasi yang menutup area luas; mencolok atau simbol-simbol yang rumit = tipe-tipe vegetasi jarang atau menutup area kecil.

Aturan-aturan yang bermanfaat untuk aplikasi warna dan simbol pada draf akhir atau peta yang dicetak tidak selalu bermanfaat dalam proses penyiapan di lapangan. Pada tahap ini, perbedaan yang jelas pada warna dan simbol adalah lebih penting ketimbang penekanan pada kesamaan hubungan tipe-tipe vegetasi. Dalam penyiapan peta-peta vegetasi berskala besar, kita sering hanya menggunakan angka atau huruf untuk unit-unit vegetasi. Untuk memudahkan koreksi, pada awalnya simbol-simbol tersebut sebaiknya ditulis dengan pensil. Ini adalah praktik yang baik juga pada foto udara.

### 14.7 ALAT BANTU PEMETAAN LAPANGAN

#### 14.7.1 PETA TOPOGRAFI DAN FOTO UDARA

Pemetaan lapangan apa pun, kecuali peta-kuadrat atau transek sabuk dengan skala amat besar, terbaik dilakukan dengan bantuan foto udara dan peta topografi. Pemetaan vegetasi menjadi jauh lebih mudah dalam beberapa dekade terakhir dengan kemajuan luar biasa dalam fotografi udara. Teknik foto udara terus berkembang dan teknik tersebut tidak perlu dibahas secara rinci dalam buku ini. Namun, beberapa macam alat bantu utama yang umum tersedia akan dikemukakan.

1. *Peta topografi*. Jika mungkin, peta tersebut seyogianya hanya menggunakan warna samar atau tidak ada pewarnaan sama sekali dan lebih baik peta dengan skala lebih besar daripada peta akhir vegetasi atau tapak.
2. *Mozaik foto udara*. Ini foto udara yang disiapkan khusus, yang distorsi skalanya telah dihilangkan dengan menghimpun bagian-bagian pusat yang tidak terdistorsi dari beberapa foto udara untuk membuat satu lembar peta yang sesuai dengan skala. Kerugian teknik ini secara umum adalah hilangnya



suatu resolusi tertentu atau kejernihan citra fotografi, sebab mereka difoto ulang dari aslinya.

3. *Foto udara hitam dan putih.* Ini adalah alat bantu pemetaan yang paling umum digunakan. Keunggulan foto-foto tersebut adalah kejelasan yang lebih besar sehingga pengenalan dapat lebih rinci, pada skala sama dibandingkan dengan yang tampak pada butir 2. Keunggulan utama yang lain adalah kemungkinan penggunaan pasangan standar foto udara ini untuk penampakan tiga dimensi di bawah stereoskop. Ini memberi peluang pengenalan berbagai variasi kecil dalam topografi dan sering pengenalan tinggi relatif pepohonan, dan dalam kondisi tertentu, bahkan stratifikasi vertikal hutan terbuka. Citra foto udara menjadi lebih jelas dan lebih rinci jika diamati di bawah stereoskop.
4. *Foto udara inframerah.* Ini merupakan foto hitam putih yang diambil dengan filter *inframerah* yang memungkinkan diferensiasi unit-unit vegetasi tertentu menjadi lebih jelas. Sebagai tambahan, foto udara inframerah dapat memberi peluang bagi pengenalan variasi dalam unit-unit yang lebih lembut secara lebih mudah seperti perbedaan-perbedaan fenologi atau kematian pohon, dsb. Untuk peningkatan diferensiasi, pola foto udara hitam putih dapat juga diubah ke dalam spektrum warna yang amat kontras, terutama jika fotografi inframerah dilakukan dengan pemindai.
5. *Foto udara berwarna.* Ini menawarkan banyak keunggulan yang lebih dari butir 3 dan 4. Tetapi, saat ini biaya tinggi sering tidak seimbang dengan tujuan pemetaan. Yang terutama bermanfaat adalah foto udara yang diambil secara simultan dengan filter berbeda (misalnya Gerresheim 1971).

Demikian juga ketika membuat peta foto berwarna, penggunaan stereoskop memberi gambaran lebih kontras dan rinci ketimbang gambaran foto tunggal.

Keunggulan besar dalam penggunaan foto udara untuk pemetaan vegetasi adalah pertama, relatif mudah dalam menggambar batas sekeliling unit, dan kedua, mudah menjaga keseragaman relatif atau ekuivalensi unit-unit di seluruh area peta. Batas-batas terbaik digambarkan langsung pada foto udara.

Penyiapan akhir peta dari foto udara tipe 3, 4, dan 5 dalam banyak kasus memerlukan eliminasi distorsi skala yang ada ke arah pinggir dalam setiap foto yang diambil secara vertikal. Ini biasanya dikerjakan dengan pemindahan dengan tangan batas-batas foto udara ke peta topografi.

## Vegetasi dan Pemetaan Tapak

Proses tersebut dapat dilakukan dengan menyiapkan suatu jiplakan garis kontur dan petunjuk utama pada peta topografi yang kemudian dicocokkan menurut skala (dengan perbesaran atau pengecilan) terhadap bagian pusat foto udara yang tidak mengalami distorsi. Batas tipe vegetasi ditransfer ke dalam lembar transparan baik yang sama maupun lembar kedua sejauh mereka dapat dicocokkan dengan garis kontur dan petunjuk. Bagian-bagian yang terdistorsi diabaikan dan garis-garis batas kemudian dihubungkan dengan jiplakan pada foto udara berikutnya yang bertumpang-tindih, dan dari sini batas-batas ditransfer dengan cara yang sama. Suatu keunggulan dalam pemetaan adalah dengan memiliki suatu lembar transparan dengan garis kontur yang dipersiapkan sebelum pemetaan lapangan. Dalam lembar kontur ini, area-area yang terdistorsi pada setiap foto udara dapat ditunjukkan dengan suatu batas poligonal yang melingkungi hanya bagian tengah yang skalanya tidak terdistorsi dan membuang sisanya.

Aspek pemindahan batas-batas foto udara ke peta topografi ini merupakan suatu pekerjaan yang dapat dilakukan oleh juru gambar terlatih, tetapi pekerjaan ini banyak makan waktu. Dari sudut pandang ini, mozaik foto udara adalah ideal karena tidak memerlukan proses pemindahan.

Unit-unit vegetasi yang ditetapkan dengan komposisi floristik total tidak selalu dapat dikenal dengan jelas pada foto udara, sebab struktur yang terlihat pada foto udara terutama dikondisikan oleh jenis dominan dan status perkembangannya. Di daerah yang sangat kaya secara floristik, seperti di daerah tropik, pola-pola foto udara mungkin hanya dapat dihubungkan dengan bentuk-hidup dominan yang mengandung beberapa jenis dan tidak ada yang dominan. Bagaimanapun, pemetaan foto udara selalu perlu disertai dengan kerja lapangan yang intensif untuk membuat "kalibrasi" variasi lapangan atau pola komunitas tumbuhan dengan pola-pola yang terlihat pada foto udara. Tanpa kerja lapangan dan pemeriksaan lapangan, suatu peta yang diperoleh dari foto udara tidak bernilai.

Jika kita hanya memiliki peta topografi untuk pemetaan, orientasi yang pasti di lapangan dapat menyebabkan berbagai permasalahan. Hal ini dapat dipecahkan melalui pengukuran jarak antara petunjuk-petunjuk tertentu yang dipetakan, dengan menggunakan tongkat, pasak, dan pita bendera dan dengan berjalan sepanjang garis kompas dengan jarak yang diketahui.

### 14.7.2 KUNCI-KUNCI PETA

Sebelum memulai dengan pemetaan rutin, seyogianya kita selalu menyiapkan suatu kunci peta untuk membantu identifikasi unit-unit tanpa kemenduaan (*ambiguity*). Dengan kunci semacam itu, pembuat peta harus membuat suatu definisi pasti tentang gambar apa yang diinginkannya. Lebih lanjut dengan bantuan suatu kunci itu pula, peta dapat dibuat oleh beberapa orang dengan cara yang persis sama.

Bila menggunakan metode Braun-Blanquet, suatu kunci secara otomatis diperoleh dari tabel sintesis pembeda (lihat Bab 9, Tabel 9.9). Jika kita bekerja dengan unit-unit vegetasi yang didefinisikan secara struktural, disarankan untuk menentukan sifat-sifat menonjolnya dalam kata-kata. Suatu kunci semacam itu ditunjukkan sebagai contoh dalam Lampiran C. Kunci ini disiapkan untuk pemetaan struktur tipe-tipe vegetasi di zona kering Sri Lanka dengan skala 1 : 31,680. Pemetaan dilakukan pada mozaik foto udara dan kunci merupakan adaptasi lokal skala besar sistem Fosberg (Bab 8). Kunci menyajikan empat kategori: tipe-tipe hutan, semak, dan penutup terna, serta area lain. Masing-masing menunjukkan sejumlah unit peta yang ditentukan secara kuantitatif, yang dapat dipetakan oleh sebaran orang berpengalaman dengan sedikit kerja lapangan. Peta yang sudah selesai (Mueller-Dombois 1969) digunakan sebagai sebuah kerangka kerja untuk pencuplikan flora secara rinci dan untuk kegiatan survei binatang (Mueller-Dombois 1972) serta untuk korelasi dengan peta lingkungan dengan skala yang sama untuk membangun ekosistem utama di kawasan itu. Kunci peta yang lain ditunjukkan dalam Lampiran D. Kunci ini disiapkan untuk pemetaan tapak-tapak hutan atau tipe-tipe habitat di Manitoba Tenggara dengan skala 1 : 15.840 (Mueller-Dombois 1965a). Ini bukan suatu kunci vegetasi, melainkan sebuah kunci yang didasarkan kepada sebuah kombinasi permukaan tanah, topografi, dan sifat-sifat vegetasi. Kunci ini dipakai untuk memetakan tipe-tipe habitat dalam Gambar 10.1.5.

Suatu kesalahan bila kita menganggap sebuah kunci sebagai sesuatu yang final atau tidak dapat dikoreksi selama proses pemetaan, Bahkan setelah persiapan yang saksama pun kita sering membuat observasi baru sehingga mungkin mengharuskan kita membuat suatu koreksi atau modifikasi. Kombinasi jenis atau variasi struktural yang tidak dapat dikelompokkan ke dalam skema yang sejauh ini telah dibuat seyogianya tidak dipaksakan masuk ke dalamnya. Dalam hal ini, yang terbaik adalah membiarkan area yang diragukan untuk sementara tidak dipetakan dulu. Alih-alih, kita dapat membuat releve-releve baru atau penelitian

lain untuk mengklarifikasi, yang pada akhirnya mengarah ke suatu perbaikan. Rumpang kemudian dapat ditutup, tetapi area yang sudah dipetakan harus diperiksa ulang untuk melihat bahwa unit-unit terdahulu benar-benar seimbang dengan hasil perbaikan.

Alat bantu untuk pembuatan peta vegetasi alami potensial pada skala kecil telah dibahas secara ringkas dalam Bab 14.5. Masing-masing lanskap mempunyai permasalahan unik tertentu yang memerlukan bantuan dan adaptasi khusus. Küchler (1967) merupakan sebuah acuan amat baik untuk rincian lebih lanjut.

### 14.8 PERBANDINGAN METODE PEMETAAN VEGETASI DAN PEMETAAN TAPAK

Pemetaan vegetasi dan pemetaan tapak untuk keperluan terapan, khususnya di kehutanan, mendapat perhatian terbesar di Eropa. Pada Kongres Kehutanan Dunia tahun 1954 di Dehra Dun, Sukachev menyarankan bahwa metode pemetaan tapak ini seyogianya diterapkan secara internasional. Ketua seksi penelitian-tapak, De Phillippis, membuat suatu usulan tandingan bahwa hendaknya dibuat perbandingan internasional tentang beberapa metode. Rincian tersebut ditentukan pada Kongres IUFRO (*International Union of Forest Research Organization*) tahun 1956 di Oxford dan pada sebuah lokakarya tahun 1959 di Warsawa. Enam belas lembaga berminat untuk berpartisipasi. Kriteria yang ditetapkan pada pertemuan Warsawa adalah sebagai berikut:

1. Dengan metode berbeda, suatu area hutan dapat dievaluasi total dengan spektrum-tapaknya dipandang dari sudut iklim, tanah, vegetasi, faktor-faktor biologi lainnya, dan pengaruh manusia. Interaksi kompleks faktor ini harus disajikan sejelas mungkin. Suatu tapak yang ditinjau menurut totalitas biologinya diacu sebagai suatu ekosistem, biogeosenosis, atau suatu **biokori** (*biochore*), bergantung kepada pilihan penulis. Pendekatan terpadu untuk evaluasi tapak ini juga ditujukan kepada suatu taksiran produktivitas aktual dan potensial.
2. Sebanyak mungkin metode evaluasi tapak dibandingkan. Lembaga yang ditunjuk sebagai koordinator adalah *Geobotanic Institute Rübél* di Swiss (Ellenberg).
3. Disarankan untuk memiliki metode-metode perbandingan di beberapa wilayah dengan variasi di dalam tapak yang kuat. Menurut Sukachev, setidaknya metode-metode berikut seyogianya dibandingkan:

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

- [a] Metode Braun-Blanquet sebagai sebuah contoh metode fitososiologi, yang khususnya berdasarkan kombinasi jenis.
  - [b] Metode Aichinger sebagai sebuah contoh metode fitososiologi, yang menekankan dinamika komunitas tumbuhan.
  - [c] Metode Sukachev yang bertujuan untuk penaksiran biogeosenosis, tetapi, untuk pemetaan pada khususnya, menggunakan hubungan dominansi jenis tumbuhan (Sukachev & Dylis 1964).
  - [d] Kombinasi metode tapak dan fitososiologi yang memadukan kedua pendekatan, yakni pengenalan dan pemetaan unit-unit melalui indikator tumbuhan dan faktor-faktor tapak langsung.
  - [e] Suatu metode yang terutama menekankan evaluasi tapak secara langsung tanpa menggunakan indikator tumbuhan.  
[Penjelasan metode diringkas di bawah].
4. Area-area uji yang disarankan adalah: satu di Polandia, satu di Uni Soviet, dan satu di Swiss. Masing-masing merupakan suatu area lahan hutan sekitar 500 ha. Pilihan area spesifik diserahkan kepada lembaga-lembaga penelitian tapak di negara tuan rumah. Kerja lapangan dimulai pada tahun 1960-1961.
5. Setelah pekerjaan selesai, nilai informasi setiap metode dievaluasi oleh suatu tim pakar silvikultur internasional. Kriteria berikut digunakan dalam penilaian metode.
- [a] Nilai informasi untuk praktik silvikultur dan tujuan kehutanan lainnya.
  - [b] Biaya penerapan masing-masing metode.
  - [c] Fleksibilitas metode ditinjau dari perubahan perkembangan dalam teknik silvikultur.
  - [d] Nilai informasi metode untuk disiplin terkait seperti perencanaan lanskap, ilmu tanah, fitososiologi, dsb.

Untuk contoh Swiss, hasil berbagai rencana tersebut diterbitkan dalam suatu publikasi (dengan lima peta dan tiga tabel) yang disunting oleh Ellenberg (1967).

Di Swiss, area seluas 420 ha dipilih di sebelah utara kaki bukit pegunungan Alpen (Forstkreis Zofingen, Kanton Aargau) dengan elevasi berkisar dari 460 sampai 713 m di atas permukaan laut. Area ini dipelajari dan dipetakan pada skala 1 : 10.000 dengan aplikasi lima metode berikut:

1. Metode Braun-Blanquet; murni berdasarkan fitososiologi (oleh Frehner).
2. Metode Aichinger; fitososiologi dengan tekanan dinamika (oleh Bose-Martin dengan pengarahannya Aichinger).

## Vegetasi dan Pemetaan Tapak

3. Sebagai pengganti metode Sukachev, yang secara pribadi tidak dapat berpartisipasi (yang juga tidak dapat mengirim rekan kolaboratornya ke Swiss), metode Schmid dilibatkan dalam pembandingan (oleh Saxer dengan pengarahannya Schmid). Metode Schmid mengevaluasi spektrum tapak suatu area dengan teknik sabuk vegetasi dan biosenosis. Hal ini akan dijelaskan lebih jauh di bawah ini.
4. Sebuah metode kombinasi yang menggunakan vegetasi dan evaluasi langsung faktor-faktor tapak. Metode *Eberswalder Kopp* diterapkan oleh Eberhardt (di bawah arahan Kopp dengan partisipasi Passarge).
5. Alih-alih sebuah metode evaluasi tapak langsung tanpa menggunakan tumbuhan (sayangnya tidak dapat ditemukan orang untuk maksud ini), peta (transparan) Kopp terpisah mengenai bentuk-bentuk tapak digunakan untuk disajikan sebagai contoh.

Masing-masing dari empat tim kerja tersebut memberikan data lengkap dengan suatu naskah yang telah diinterpretasikan secara komprehensif dan peta berwarna dengan skala 1 : 10.000, yang meliputi area dengan panjang sekitar 5 km dan lebar 1-2 km. Hasil-hasil tersebut kemudian diterbitkan dalam satu volume, dengan evaluasi oleh para mitra bestari. Contoh-contoh peta tersebut ditunjukkan dalam Gambar 14.2 untuk segmen area yang identik.

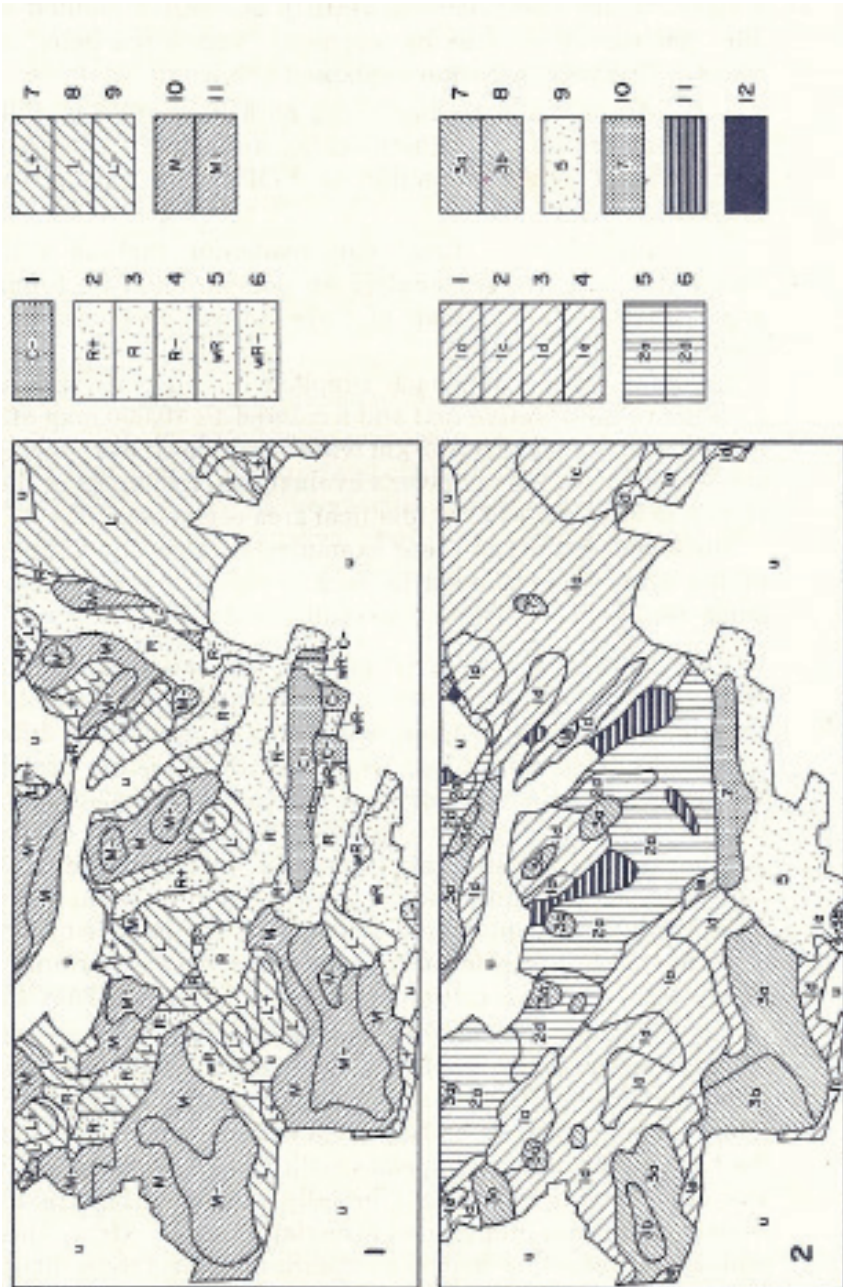
Karena contoh-contoh tersebut dianggap sangat instruktif, ringkasan prosedur yang diterapkan dalam setiap metode disajikan di bawah ini. Peta-peta dasar yang digunakan adalah lembaran topografi dengan skala 1 : 5.000.

1. *Metode Braun-Blanquet*. Sejumlah besar releve ditempatkan di dalam komunitas yang secara tentatif telah dikenal. Dari sini, sintesis tabel disiapkan dan dari tabel ini diisolasi jenis-jenis pembeda yang berlaku secara lokal (prosedur seperti dalam Bab 9). Jenis-jenis pembeda ini kemudian digunakan dalam kombinasi tertentu sebagai kunci jenis untuk pemetaan unit-unit vegetasi yang secara lokal berlaku. Unit-unit lokal ini selanjutnya dikelompokkan berdasarkan jenis penciri ke dalam sistem hierarki komunitas tumbuhan secara umum. Faktor-faktor tapak setiap unit vegetasi, setidaknya tanah untuk masing-masing unit, juga diteliti. Namun, pemetaan dibuat hanya berdasarkan kriteria floristik belaka. Unit-unit peta pada skala besar 1 : 10.000 ini kebanyakan varian dalam subasosiasi dan asosiasi. (untuk definisi lihat Bab 8).
2. *Metode menurut Schmid*. Hanya beberapa cuplikan vegetasi dianalisis secara rinci untuk orientasi. Cuplikan-cuplikan tersebut kemudian dipilah sebagai

anggota sabuk vegetasi, yang telah ditentukan sebelumnya. Sabuk vegetasi ini ditetapkan sebagai unit vegetasi besar yang dibuat berdasarkan sejumlah jenis dengan sebaran geografi serupa. Dengan demikian, sabuk vegetasi diartikan secara luas sebagai unit-unit **floristik-bersejarah** (*floristic-historic*), yang batas-batasnya berangsur-angsur bersambungan atau dalam beberapa hal saling tumpang-tindih. Masalah kontinum ini dipecahkan dengan pengenalan **distrik isolasi** (*isolation district*) yakni subunit-subunit ekoton floristik-geografi dalam suatu sabuk vegetasi. Sabuk vegetasi mewakili provinsi-provinsi floristik berskala besar atau tipe wilayah. Setiap sabuk vegetasi, yang mungkin lebih baik dipahami sebagai suatu sabuk floristik, mengandung sejumlah fitosenosis. Alokasi suatu cuplikan vegetasi ke dalam salah satu sabuk-sabuk floristik yang didefinisikan sebelumnya dilakukan berdasarkan proporsi jenis dalam cuplikan, yang sebaran geografinya paling bertepatan dengan sabuk floristik atau sabuk vegetasi yang telah mantap. Fitosenosis ditentukan oleh kombinasi jenis, khususnya oleh pohon-pohon dominan dan oleh bentuk pertumbuhan (bentuk-hidup) semua jenis dalam cuplikan. Dengan demikian, dominansi dan struktur-halus jenis membentuk kriteria pemetaan. Untuk interpretasi unit, faktor-faktor tapak dan pengaruh manusia dievaluasi sejauh dapat ditentukan dengan mudah di lapangan.

Unit dasar merupakan sabuk vegetasi (dan penetrasinya ke dalam suatu area spesifik) yang selalu diwakili oleh fitosenosis. Yang terakhir dinamai dengan pohon dominan, dan selanjutnya oleh hubungan sabuk, daerah isolasi, dan oleh karakter tanah.

3. *Metode Aichinger*. Suatu jaringan releve yang padat (sekitar satu per hektare) tersebar di seluruh area studi. Releve-releve tersebut dianalisis menurut cara Braun-Blanquet dan digunakan untuk menetapkan tipe komunitas tumbuhan bawah. Tipe-tipe tumbuhan bawah ini juga digunakan untuk pemetaan, tetapi pemetaan aktual dilakukan secara tidak langsung dari interpolasi antar-titik-titik jejaring kerja (releve). Berlandaskan konfigurasi permukaan tanah (posisi topografi) dan karakter tanah lain yang dapat dikenali secara mudah, tipe-tipe tumbuhan bawah dikombinasikan dengan kelompok indikator ekologi yang ditunjukkan dengan nama-nama Latin lingkungan (misalnya, *super-irrigatum* atau *paludosum*). Perkembangan (yakni kecenderungan suksesi progresif atau suksesi regresif) masing-masing tipe vegetasi kemudian diinterpretasikan dari pengalaman umum. Oleh karena itu, suksesi tidak digunakan sebagai kriteria untuk pemetaan.



Gambar 14.2 (3) & (4) Contoh-contoh peta



**1. KELOMPOK-KELOMPOK BENTUK-TAPAK (METODE GABUNGAN MENURUT KOPP)**

1. tapak kering, bergamping
2. tapak lembap, hara kaya
3. tapak segar (*fresh*), hara kaya
4. tapak kering, hara kaya
5. tapak segar, hara kaya, di lokasi hangat
6. tapak kering, hara kaya, di lokasi hangat
7. tapak lembap, hara kurang kaya
8. tapak segar, hara kurang kaya
9. tapak kering, hara kurang kaya
10. tapak segar, hara sedang
11. tapak kering, hara sedang

**2. KOMUNITAS HUTAN ALAMI (MENURUT BRAUN-BLANQUET)**

- 1-4 Asosiasi *Melica nutans-Fagus sylvatica* (= *Melico-Fagetum*)
  - 7-8 Asosiasi *Melampirum pratense-Fagus sylvatica* (= *Melampiro-Fagetum*)
  7. Subasosiasi, dengan *Asperula odorata* (= *asperuletosum*)
  8. Subasosiasi, dengan *Leucobryum glaucum* (= *leucobryetosum*)
  9. Asosiasi *Pulmonario officinal - Fagus sylvatica* (= *Pulmonario-Fagetum*)
  10. Asosiasi *Carex spp.- Fagus sylvatica* (*Carici-Fagetum*)
  11. Asosiasi *Acer pseudoplatanus-Fraxinus excelsior* (= *Aceri-Fraxinetum*)
  12. Asosiasi *Carex remota-Fraxinus excelsior* (= *Carici remotae-Fraxinetum*). Subasosiasi, dengan *Chrysoplenium alternifolium* (= *Chrysoplenetosum*)
1. Subasosiasi, dengan *Asperula odorata* (= *asperuletosum*)
2. Subasosiasi, dengan *Blechnum spicant* (= *blechnetosum*)
3. Subasosiasi, dengan *Luzula sylvatica* (= *luzuletosum*)
4. Subasosiasi, dengan *Cornus sanguinea* (= *Cornetosum sanguineae*)
- 5-6 Asosiasi *Milium effusum-Fagus sylvatica* (= *Milfo-Fagetum*)
5. Subasosiasi, dengan *Dryopteris disjuncta* (= *dryopteridetosum*)
6. Subasosiasi, dengan *Luzula sylvatica* (= *luzuletosum*)

Catatan: No. 7, 8, dan 10 menunjukkan tapak-tapak kering, No. 10 menunjukkan tapak basah; semua komunitas lain menunjukkan segar (yaitu tapak-tapak antara). No. 2, 3 dan 6-8 adalah indikator keasaman, No. 4, 9, dan 10 adalah indikator batu gamping.

# Vegetasi dan Pemetaan Tapak



Gambar 14.2 (3) & (4) Contoh-contoh peta

### 3. SABUK-SABUK VEGETASI DAN BIOSENOISIS (MENURUT SCHMID)

1. Sabuk-asosiasi *Fagetum sylvaticae* bercampur dengan *Quercus robur-Calluna* yang merupakan segmen Eropa-Asia Minor dari sabuk *Fagus-Abies alba* dalam distrik isolasi (*isolation district*) kaki bukit-Molasses di Alpen pada tanah Molasses yang paling asam dan rusak.
2. Sabuk-asosiasi *Fagetum sylvaticae* bercampur dengan *Quercus-Tilia-Acer* yang merupakan segmen Eropa-Asia Minor.....pada batu pasir (*sandstone*) dengan sedikit batu gamping melapisi bagian atasnya.
3. *Fagetum sylvaticae typicum*, segmen Eropa-Asia Minor.....pada batu pasir
4. *Fagetum sylvaticae*, segmen Eropa-Asia Minor.....pada lereng-Molasses oligotrof
5. *Fagetum sylvaticae*, segmen Eropa-Asia Minor.....pada lereng berkerikil lembap
6. *Fagetum sylvaticae*, segmen Eropa-Asia Minor.....pada dataran berkerikil lembap, kaya hara.
7. *Acereto-Fraxinetum*, segmen Eropa-Asia Minor.....
8. *Abies alba*
9. *Picea abies*
10. *Larix decidua*
11. *Pinus sylvestris*
12. *Pinus strobus*

### 4. TIPE-TIPE PERKEMBANGAN VEGETASI (MENURUT AICHNINGER)

Arsiran dasar (*Basic hatching*):

- |  |   |
|--|---|
| I <i>agrum solum silicolum</i> (bekas lahan budi daya) | II <i>semi-superirrigatum</i>                       |
| III <i>superirrigatum</i> (diatri dari atas)           | IV <i>pallidosum</i> (lembap)                       |
| Symbol-symbol di atasnya:                              |   |
| 1. Tipe <i>Luzula luzuloideis-Vaccinium</i>            | 2. Tipe <i>Luzula luz.-Luzula sylvat.-Vaccinium</i> |
| 4. Tipe <i>Luzula-Oxalis</i>                           | 5. Tipe <i>Luzula-Vaccinium-Oxalis-Asperula</i>     |
| 6. Tipe <i>Luzula-Vaccinium-Asperula</i>               | 7. Tipe <i>Luzula-Asperula</i>                      |
| 8. Tipe <i>Luzula-Oxalis-Asperula</i>                  | 9. Tipe <i>Vaccinium-Oxalis-Asperula</i>            |
| 10. Tipe <i>Oxalis-Asperula</i>                        | 11. Tipe <i>Asperula</i>                            |
| 12. Tipe <i>Rubus-Oxalis-Asperula</i>                  | 13. Tipe <i>Rubus-Asperula</i>                      |
| 14. Tipe <i>Rubus-Vaccinium-Oxalis-Asperula</i>        |   |

Catatan: No. 1-3 adalah indikator keasaman, No. 11 adalah indikator batu gamping

## Vegetasi dan Pemetaan Tapak

Unit dasar peta disebut tipe perkembangan vegetasi, yang dinamai dengan jenis pohon dominan, jenis dominan tumbuhan bawah, dan karakteristik tapak.

4. *Metode kombinasi Eberswalder menurut Kopp*. Analisis vegetasi pada hakikatnya mengikuti metode Braun-Blanquet, kecuali unit-unit vegetasi ditetapkan hanya dengan kombinasi kelompok-kelompok indikator tumbuhan (kelompok-kelompok ekologi) yang secara kasar cocok dengan jenis-pembeda. Penelitian tanah, yang pada awalnya terlepas dari analisis vegetasi, mulai dengan penelaahan yang sangat rinci pada lubang-lubang tanah (*soil pits*) yang banyak sekali. Tetapi, penelaahan tersebut kebanyakan dilakukan dalam petak yang sama, dengan petak yang digunakan untuk analisis cuplikan vegetasi. Ini diikuti dengan penetapan tipe-tipe tanah yang dapat dipakai secara lokal (yang disebut bentuk tanah). Tipe-tipe tanah tersebut diacu dengan nama-nama geografi tempat yang dikombinasikan dengan kelas tekstur utama dan kelompok tanah yang lebih besar, di mana profil tanah termasuk di dalamnya (misalnya, tanah-liat-cokelat Stoltent [*Stoltent-loam-brown earth*]). Analisis tanah secara rinci di laboratorium juga terus dilakukan. Karakterisasi habitat lebih lanjut ditambahkan dengan analisis iklim umum kawasan dan variasi lokalnya yang dievaluasi dari posisi topografi, lereng, terbuka kena matahari, berbagai pengaruh angin lokal, dsb.

Pengetahuan yang diperoleh dari studi vegetasi, tanah, dan iklim lokal digabungkan ke dalam kelompok-kelompok bentuk-tapak, yang merupakan unit sintetik. Hanya kelompok-kelompok bentuk-tapak tersebut yang digambarkan sebagai unit-unit peta untuk tujuan pengelolaan. Semua karakter lain yang tidak bernilai praktis untuk pengelolaan dihilangkan. Kelompok-kelompok bentuk-tapak di peta secara singkat diberi batasan dengan ungkapan-ungkapan seperti “tapak-tapak kaya-gamping dengan persediaan air di bawah normal” atau “panas, tapak-tapak kaya dengan persediaan air normal”. Hanya sifat-sifat tapak yang relatif stabil (seperti kelembapan dasar dan rezim hara) dan tidak ada sifat-sifat yang dipengaruhi manajemen (seperti tipe humus, kelompok-kelompok tumbuhan bawah tertentu, dsb) memperoleh pengakuan dalam konsep **bentuk tapak**. Namun, yang terakhir, disajikan sebagai karakterisasi tambahan pada lembaran atas (*overlay*) peta dan sebagai teks deskriptif. Dengan dasar unit-unit stabil ini,

kawasan tidak memerlukan pemetaan ulang dengan adanya perubahan-perubahan dalam perlakuan silvikultur.

5. *Metode survei tanah*. Metode ini didasarkan pada sejumlah besar lubang-lubang tanah dan pertelaan profil tanah sebagaimana diuraikan (di bawah butir 4) untuk penentuan bentuk tanah. (Selebar peta tanah semacam ini sekarang dianggap tidak cukup untuk evaluasi tapak hutan, setidaknya di Eropa bagian barat. Bahkan metode ini tidak dimasukkan sebagai suatu pendekatan terpisah dalam perbandingan ini.)

Empat tim-kerja tersebut menerapkan metode mereka secara independen tanpa diskusi atau kontak selama bekerja di lapangan atau penyiapan manuskrip berikutnya. Setelah pencetakan peta-peta dan teks selesai pada musim panas 1966, undangan untuk penilaian hasil dikirim ke 12 profesor silvikultur dari berbagai negara yang berbeda. Nama-nama pakar ini ditentukan dengan pemungutan suara melalui seksi silvikultur UFRO. Empat orang menerima undangan, yaitu Ola-Børset (Norwegia), Köstler (Jerman Barat), Leibundgut, dan Roth (keduanya dari Swiss). Mereka menerima peta-peta dan naskah untuk ditinjau sebelum pertemuan tapak dan setelah itu bertemu untuk dua hari pertemuan lapangan di area studi dan satu hari berikutnya untuk pembahasan-pembahasan di dalam ruangan. Laporan akhir mereka diterbitkan dalam volume yang sama dalam bahasa Inggris (Ellenberg 1967, 283).

Para juri menilai metode-metode tersebut untuk nilai informasi silvikultur mereka sebagai berikut:

**No. 1 Metode gabungan Eberswalder menurut Kopp**

**No. 2 Metode Braun-Blanquet**

**No. 3 Metode Schmid**

**No. 4 Metode Aichinger**

Beberapa alasan utama yang diberikan untuk urutan penilaian tersebut adalah:

Nomor 1

- Memberi informasi silvikultur paling akurat dan rinci.
- Metode ini paling unggul di wilayah dengan variasi gangguan oleh manusia atau kegiatan lain karena memberi tekanan pada sifat-sifat tapak yang stabil.
- Paling memakan waktu dari semua metode (4 ha/hari-orang), tetapi waktu ekstra dianggap beralasan untuk area-area dengan silvikultur yang amat intensif.

## Vegetasi dan Pemetaan Tapak

### Nomor 2

- Secara umum, metode pemetaan yang hanya berdasarkan floristik ini menunjukkan korelasi yang amat baik dengan variasi-variasi yang secara silvikultur penting di area ini, waktu yang diperlukan jauh lebih sedikit (13 ha/hari-orang) dibandingkan dengan No. 1, tetapi penilai menyarankan untuk berhati-hati terhadap nilai indikator tapak metode ini.
- Dua asosiasi terpisah (*Quercus-Abietum* dan *Melico-Fagetum*) dipetakan pada satu tapak dasar, sebab sebagian tapak ini telah terganggu kegiatan manusia. Modifikasi ini dianggap sementara dan tidak penting ditinjau dari potensi dasar tapak.
- Salah satu unit peta (*Milo-Fagetum*) jelas mencerminkan pengaruh iklim pegunungan yang meningkat di bagian selatan area peta, sedangkan yang lain tidak mengenali unit ini. Nomor 1 hanya membuat suatu acuan sepiantas tentang unit tersebut.

### Nomor 3

- Metode Schmid bertujuan untuk menyediakan interpretasi peta vegetasi dunia. Dengan demikian, informasi yang ada dianggap tidak perlu untuk tujuan silvikultur, sementara data rinci diperlukan untuk yang terakhir tidak ada.
- Namun demikian, dirasakan bahwa penerapan klasifikasi “bentuk tumbuh” (bentuk-hidup) secara rinci untuk interpretasi lingkungan dianggap amat menjanjikan yang dapat didayagunakan lebih jauh untuk maksud terapan.
- Metode ini mengambil waktu paling sedikit (dengan 18 ha/orang-hari).

### Nomor 4

- Peta Aichinger disiapkan di kantor setelah evaluasi jejaring sekitar 500 releve. Batas-batas digambar lebih sesuka hati dibandingkan dengan peta-peta yang lain.
- Interpretasi dinamika, terutama kegiatan manusia di tapak, diapresiasi, tetapi dikritik bahwa kecenderungan suksesi tidak ditunjukkan pada peta.
- Penilai menganggap beberapa terminologi untuk kelompok-kelompok utama membingungkan. Sebagai contoh, istilah “*paludosum*” digunakan untuk tanah mineral di suatu dataran tinggi dengan permukaan air-tanah tergantung (*suspended water table*).

## Penjelasan Ruang dan Waktu tentang Pola Vegetasi

Waktu yang digunakan untuk metode Aichinger (10 ha/orang-hari) sedikit berbeda dengan yang digunakan untuk metode Braun-Blanquet (13 hari/orang-hari).

Dari perbandingan ini jelas bahwa pendekatan terbaik untuk klasifikasi dan pemetaan tapak hutan untuk maksud praktik kehutanan adalah suatu metode yang menggabungkan informasi fitososiologi dengan informasi lingkungan. Sebuah kesimpulan serupa diperoleh dalam suatu tinjauan metode-metode klasifikasi tapak hutan di Kanada oleh Burger (1972). Keempat metode dalam beberapa hal melakukan kombinasi kedua set informasi tersebut, tetapi yang pertama dalam hal ini yang paling konsekuen. Satu alasan untuk superioritas pendekatan gabungan adalah pengenalan pola-pola vegetasi tertentu hanya sementara sifatnya dan yang lain sebagai aspek yang lebih permanen. Dalam cara ini, kepercayaan lebih dapat diberikan kepada pola-pola permanen, suatu butir yang sangat ditekankan oleh Daubenmire (1968). Alasan penting kedua tidak lain adalah pengetahuan dan informasi yang didapat tentang variasi dan pentingnya lingkungan lokal jauh lebih besar bila studi tentang aspek-aspek ini dilakukan sebanding, suatu butir yang ditekankan juga khususnya oleh Krajina (1960; 1969).

Meskipun suatu intensifikasi studi lingkungan lokal adalah suatu keunggulan yang tidak diragukan untuk evaluasi tapak, pendekatan yang diambil sepenuhnya bergantung kepada tujuan. Sebagai contoh adalah metode Schmid, yang tujuan utamanya adalah suatu evaluasi geografi-floristik dan sejarah tentang vegetasi dunia. Peta area studinya menunjukkan hanya satu warna utama (hijau), yang mengindikasikan bahwa ia menganggap bahwa area ini hanya sebagai bagian suatu konsep geografi yang jauh lebih luas. Dari sudut pandang ilmiah, semua objektif yang menarik dapat diterima asalkan mereka tidak melanggar dasar metode penelitian ilmiah, yaitu untuk secara cermat mengecek benar tidaknya sebarang kecenderungan yang muncul terhadap bukti-bukti yang tersedia.

Mengenai tujuan tambahan, semua metode saling melengkapi satu sama lain—metode Braun-Blanquet dengan memperluas tingkat perbandingan spektrum tapak-komunitas lokal ke sistem regional yang lebih luas; metode Schmid dengan menambah suatu dimensi sejarah-floristik dan evolusi kepada studi lokal; dan metode Aichinger dengan menambah suatu interpretasi dinamika tentang penurunan atau perbaikan perlakuan silvikultur. Meskipun ada aspek-aspek yang saling melengkapi, hasil umum empat studi menunjukkan kesepahaman yang dekat, yang berarti bahwa metode-metode tersebut pada

## Vegetasi dan Pemetaan Tapak

dasarnya diarahkan ke interpretasi lingkungan. Namun, metode gabungan secara langsung dicocokkan dengan tujuan penggunaan tapak hutan yang dikehendaki. Untuk alasan ini, metode gabungan memberikan hasil terbaik.





**BAGIAN V**  
**KESIMPULAN**



# 15

## SINTESIS TUJUAN DAN METODE DALAM EKOLOGI VEGETASI

### 15.1 KEPENTINGAN ILMIAH DAN PRAKTIS

Pada akhir-akhir ini, pentingnya ekologi vegetasi sebagai ilmu makin meningkat. Ilmu ini juga menjadi lebih penting dalam pemecahan berbagai masalah. Dorongan ini terkait dengan kesadaran umum untuk menjawab berbagai pertanyaan tentang lingkungan yang sangat penting bagi kehidupan di planet ini.

Vegetasi mencakup kawasan yang luas di permukaan bumi dan sekarang masih merupakan lingkungan yang paling dekat bagi manusia dan ternaknya. Agar lingkungan manusia tetap bermutu, secara geografi, vegetasi dan organisme tumbuhan harus tetap dominan.

Komunitas tumbuhan merupakan indikator lingkungan. Komunitas tidak hanya tanggap terhadap satu faktor lingkungan, tetapi juga terhadap kelompok faktor yang berinteraksi. Komunitas tumbuhan mengintegrasikan pengaruh-pengaruh itu dan sangat sensitif serta bereaksi terhadap perubahan untuk menyeimbangkan berbagai tekanan lingkungan.

Vegetasi biasanya merupakan komponen ekosistem yang paling mudah dikenal. Komunitas tumbuhan sering digunakan untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan batas-batas ekosistem.

Tumbuhan merupakan produsen primer dalam ekosistem. Oleh karena itu, pengetahuan yang rinci tentang struktur dan komposisi komunitas tumbuhan penting sekali untuk memahami hubungan trofik.

Gangguan keseimbangan biologi yang disebabkan oleh tingkah jenis-jenis tumbuhan dan hewan asing atau oleh campur tangan langsung manusia sering mudah dikenal dari perubahan fisiognomi, komposisi jenis, dan struktur vegetasi.

## 15.2 PERKEMBANGAN KE DEPAN EKOLOGI VEGETASI

Perkembangan ke depan dalam penerapan ilmiah ekologi vegetasi seyogianya (atau mungkin akan) menuju kedua arah utama:

1. Secara lateral, menutup rumpang pengetahuan kita tentang vegetasi di kawasan yang baru sedikit atau belum diteliti, misalnya di berbagai bagian Amerika Selatan, Afrika, dan Asia.
2. Secara vertikal, mendalami pemahaman kita tentang mozaik komunitas tumbuhan pada semua tingkat abstraksi, terutama dengan:
  - (a) meningkatkan pengungkapan yang lebih rinci tentang struktur komunitas dan pola populasi jenis yang terkandung di dalamnya (Bab 5 sampai 10) sebagai suatu prasyarat untuk:
  - (b) penelitian analisis sebab-musabab (Bab 12) dan untuk modifikasi eksperimental komunitas tumbuhan serta untuk:
  - (c) penelitian yang tepat dan rinci tentang gejala temporal, seperti peristiwa-peristiwa ritmik (yang merupakan suatu sifat fenologi [Bab 8.5.]), yang tidak sama dengan perubahan-perubahan yang mengarah dalam suksesi (Bab 13) dan studi tentang arah gejala evolusi (Bab 12). Semua ini secara bersama-sama dapat menyediakan cara-cara untuk memperkirakan perkembangan vegetasi ke depan, jika:
  - (d) variasi lingkungan spasial pada habitat dan sepanjang berbagai landaian lingkungan dipertimbangkan secara penuh (Bab 11).

Sebagai tambahan, di masa depan ekologi vegetasi dapat memberi sumbangan banyak untuk:

3. Penelitian tentang hubungan keanekaragaman hayati dan stabilitas berbagai lanskap yang berbeda dan mengenai perubahan sifat-sifat lanskap tersebut yang dipengaruhi manusia berteknologi.
4. Penelitian ekosistem dalam pengertian yang ditunjukkan butir 2 di atas dengan mendalami pemahaman kita terutama tentang lingkungan sosiologi dari ekosistem.

Kapasitas ekologi vegetasi dalam pemecahan masalah di masa depan bergantung tidak hanya kepada kemajuan-kemajuan yang dibuatnya untuk menjawab berbagai pertanyaan ilmiah, tetapi juga kepada keterlibatan ekologiwan dalam isu-isu praktis yang terkait dengan masalah lingkungan kita. Berkenaan

## Sintesis Tujuan dan Metode dalam Ekologi Vegetasi

dengan masalah lingkungan saat ini, tugas ekologi vegetasi dapat dilihat terutama dalam tiga bidang:

5. Klasifikasi lanskap bumi ke dalam berbagai habitat, mintakat, atau wilayah, yang secara ekologi ekuivalen, sebagai landasan bagi perencanaan yang berorientasi lingkungan (yaitu, pemetaan unit-unit lanskap ekologi dengan bantuan vegetasi).
6. Prediksi berbagai akibat pengelolaan lahan (pertanian, kehutanan, teknik, dsb) dari pengetahuan yang diperoleh melalui studi dan pemetaan kesamaan dan perbedaan ekologi antar dan dalam wilayah. (Perlakuan manajerial yang sama akan menghasilkan keberhasilan sama hanya pada lanskap yang secara ekologi ekuivalen).
7. Investigasi secara sistematis dan rinci pengaruh kegiatan manusia terhadap vegetasi, komunitas tumbuhan, atau ekosistem yang khusus agar kapasitas prediktif (disebutkan dalam butir 6) menjadi lebih terpercaya.

Oleh karena itu, ekologi vegetasi terlibat erat sekali dan masih harus memecahkan suatu lingkup yang luas tentang tugas-tugas umum dan spesifik yang bersegi banyak. Ekologi vegetasi baru sekarang memasuki suatu fase yang dapat menyumbangkan hasil-hasil penelitian ekosistem secara interdisipliner kepada suatu aplikasi praktis yang andal. Penelitian ekosistem secara interdisipliner pada dasarnya direncanakan untuk menjawab berbagai pertanyaan ilmiah mendasar. Kini studi untuk menjawab pertanyaan tersebut sedang dilaksanakan oleh tim penelitian terintegrasi di berbagai negara, misalnya penelitian di bawah *International Biological Program* (IBP).

### 15.3 SINTESIS METODE

Untuk memprediksi tingkat kebenaran aplikasi hasil penelitian ekosistem diperlukan suatu sintesis berbagai metode ekologi vegetasi yang validitasnya telah terbukti. Suatu hal khusus yang diperlukan adalah upaya untuk menjembatani kesenjangan antara kelompok-kelompok ajaran ekologi vegetasi Benua-Eropa dan Anglo-Amerika, yang sejauh ini masing-masing kelompok tersebut terlalu banyak bekerja secara terisolasi. Sebagai akibatnya, mereka cenderung mengabaikan keuntungan-keuntungan yang terkandung dalam berbagai metode dalam kelompok ajaran lain.

## Kesimpulan

Pendekatan Eropa-kontinental terhadap ekologi vegetasi, terutama teknik releve untuk analisis asosiasi menurut metode Braun-Blanquet (Bab 5 dan 9) khususnya amat cocok untuk menyempurnakan tugas-tugas dalam butir 1, 3 dan 5 dalam bagian terdahulu. Tugas-tugas tersebut dapat diselesaikan dengan metode ini dalam suatu cara cepat dan berdasarkan suatu landasan global untuk perbandingan dalam dan antar-formasi dunia (Lampiran B). Metode Braun-Blanquet menawarkan landasan yang mantap untuk pemetaan vegetasi pada skala luas.

Di berbagai bagian benua yang floranya belum banyak diteliti, sekarang ini sebagai tahap awal, kita masih perlu memertelakan dan memetakan berbagai formasi (Bab 8), dan sering kali kita harus puas dengan peta-peta berskala kecil (seperti 1: 1 juta atau lebih kecil). Namun, di wilayah yang secara floristik sangat kompleks, seperti umum terdapat di daerah tropik, peta berskala besar (lebih besar dari 1: 50.000) dapat dibuat yang pada awalnya berdasarkan struktur bukan kriteria floristik (Lampiran C). Kandungan floristik dengan suatu indikasi jumlah jenis dalam komunitas merupakan informasi ekologi pokok. Dalam unit-unit struktural lebih rinci (skala besar), informasi tersebut dapat dengan mudah dievaluasi dengan metode releve.

Untuk tujuan analisis secara pasti dalam pengertian butir 2 dan 4 di atas, metode kuantitatif sangat perlu seperti yang dikembangkan khususnya di Amerika dan Inggris, tetapi juga di Eropa Utara. Namun, metode analisis kuantitatif di lapangan dan metode pengolahan data vegetasi dengan komputer benar-benar berhasil hanya bila suatu analisis kualitatif awal mendahului kuantifikasi. Untuk maksud ini, metode Braun-Blanquet dapat menjadi suatu dasar dan kerangka kerja yang dapat direkomendasikan. Akan sangat menyenangkan bahwa suatu pengenalan yang tepat mengenai metode ini pada akhirnya dapat dicapai oleh para peneliti Amerika.

Untuk suatu studi vegetasi mendalam di negara-negara yang memperoleh sebagian besar informasi dengan metode Braun-Blanquet, kami merekomendasikan khususnya:

- *Metode frekuensi-titik* untuk memperoleh nilai penutupan dan biomassa tumbuhan dalam komunitas menerna (Bab 6.5.4).
- *Metode Bitterlich* untuk analisis penutupan-batang secara cepat dan tepat (yaitu area dasar) menurut jenis dalam komunitas hutan agak kompleks, yang tumbuhan bawahnya terutama berupa terna (Bab 7.5).

## Sintesis Tujuan dan Metode dalam Ekologi Vegetasi

- *Metode kuadran berpusat-titik* untuk menaksir kerapatan pohon, luas area dasar dan analisis frekuensi jenis dalam tegakan berjenis campuran dan hutan tertutup (Bab 7.6.3).
- *Metode petak hitung* sepanjang transek-sabuk dalam sejumlah anak-petak untuk tiga parameter yang sama seperti dalam metode kuadran berpusat-titik di semua hutan dengan struktur yang bervariasi dalam segmen-segmen antara tertutup dan terbuka (Bab 7.3).
- *Metode intersep garis* untuk menaksir penutupan jenis yang lebih umum di semua vegetasi terbuka, misalnya rumput menandan yang terpencair, semak-semak terbuka, atau vegetasi hutan terbuka (Bab 6.5.5).
- *Metode frekuensi lokal* dalam 100 anak-petak persegi dalam sebuah petak satu meter persegi yang dijadikan kuadrat permanen untuk analisis kelimpahan jenis di padang penggembalaan atau tutupan terna pendek yang diharapkan dapat menunjukkan perubahan cepat tentang komposisi jenis (Bab 6.3.2). Metode ini paling menguntungkan bila dikombinasikan dengan metode frekuensi-titik untuk memperoleh penutupan sebagai parameter penting kedua.

Untuk memproses data sebanyak 50 sampai 200 releve dalam pembuatan kunci untuk pemetaan unit-unit vegetasi yang ditentukan secara floristik, kami merekomendasikan pengolahan dengan teknik tabel Braun-Blanquet yang dilakukan secara manual (Bab 9). Untuk pengolahan lebih dari 200 contoh vegetasi sebaiknya digunakan komputer. Hal ini khususnya bergantung kepada ketersediaan dan akses terhadap fasilitas komputer.

Kami merekomendasikan metode ordinasi Bray dan Curtis yang mampu memperoleh nilai informasi yang tinggi dengan suatu proses penghitungan yang relatif sederhana. Kami percaya bahwa ordinasi tegakan atau jenis memiliki keuntungan nyata, yaitu (a) bila sedikit yang diketahui tentang korelasi lingkungan dengan berbagai kombinasi jenis yang diamati, (b) dalam analisis landaian lingkungan untuk menentukan posisi setiap cuplikan tegakan atau jenis dalam hubungan dengan suatu landaian yang diketahui, dan (c) sebagai suatu metode independen untuk klasifikasi berikutnya.

Karena komunitas tumbuhan merupakan fenomena geografi, kami menyarankan lebih lanjut bahwa suatu studi vegetasi dianggap tidak lengkap tanpa suatu peta dan lebih baik lagi dilengkapi dengan diagram profil untuk interpretasi peta.



## Kesimpulan

Karena pemetaan memerlukan keputusan tentang batas-batas berbagai unit, kami juga menyarankan bahwa suatu studi vegetasi belum lengkap tanpa klasifikasi. Karena itu, kami menganggap klasifikasi sebagai suatu bagian penting, apakah seorang peneliti melibatkan suatu ordinasi cuplikan-cuplikannya atau tidak.

Akhirnya kami percaya bahwa analisis lapangan secara kuantitatif, ordinasi, klasifikasi, dan pemetaan hanya alat untuk membantu dalam suatu pemahaman vegetasi. Studi vegetasi yang lengkap meliputi tidak hanya suatu pembentukan pola vegetasi dan kombinasi jenis, tetapi juga penjelasannya melalui pembuatan korelasi dan penyebabnya. Lebih lanjut, vegetasi tidak hanya memerlukan suatu penjelasan sebaran spasialnya dan perubahan-perubahan menurut waktu (suksesi), tetapi juga suatu penjelasan proses-proses fisiologi. Meskipun demikian, dengan alasan yang telah dikemukakan proses fisiologi tidak dapat diliput dalam buku ini.

Buku ini merupakan upaya untuk membangun suatu jembatan. Dukungan struktural jembatan ini sekarang dianggap sudah dibangun. Dukungan-dukkungan tersebut terkait dengan pembahasan yang rinci mengenai metode-metode yang lebih penting dalam ekologi vegetasi dan juga mengenai keuntungan-keuntungan dan kekurangan-kekurangannya yang berkenaan dengan tujuan-tujuan yang sudah ditentukan. Untuk itu, kami bersyukur jika buku ini dapat menyumbangkan suatu pengertian positif tentang berbagai orientasi dan ajaran yang berbeda mengenai ekologi vegetasi.

## LAMPIRAN



## Lampiran A

### Kunci untuk Bentuk-hidup Tumbuhan Menurut Raunkiaer dengan Subdivisi yang Telah Direvisi (dari Ellenberg & Mueller-Dombois, 1967b)

#### 1. KUNCI UNTUK KELOMPOK UTAMA BENTUK HIDUP TUMBUHAN

##### Aa Tumbuhan autotrof

Ba Kormofit (*Kormophytes*) (=Tumbuhan berpembuluh)

Ca Tumbuhan mandiri (*self-supporting plants*)

Da Tumbuhan berkayu atau tumbuhan bertahunan malar hijau menerna (*herbaceous evergreen perennials*)

Tumbuhan yang tumbuh lebih tinggi dari 50 cm atau tumbuhan yang pucuknya tidak mati secara berkala sampai batas tinggi tersebut\*

**Fanerofit** (*Phanerophytes*)..... 1

Tumbuhan yang sistem cabang dan pucuk dewasanya secara bertahunan tetap pada tinggi 50 cm di atas permukaan tanah, atau tumbuhan yang tumbuh lebih dari 50 cm tetapi yang pucuknya mati secara berkala sampai batas tinggi tersebut (lihat catatan kaki di bawah)

**Kamefit** (*Chamaephytes*)..... 2

Db Tumbuhan bertahunan menerna (termasuk tumbuhan dwitahunan) dengan pengecilan pucuk secara berkala.

Pengecilan pucuk secara berkala sampai menjadi sisa-sisa sistem pucuk yang terletak rata pada permukaan tanah.

**Hemikriptofit** (*Hemicryptophytes*)..... 3

---

\* Khususnya dalam lingkungan yang baik (seperti tropika lembap dan habitat rembesan air hangat) batas tinggi dapat sampai 100 cm.

## Kunci untuk Bentuk-hidup Tumbuhan Menurut Raunkiaer

Pengecilan pucuk secara berkala sampai keseluruhan sistem pucuk menjadi organ penyimpanan (*storage organ*) yang terkubur di dalam tanah

**Geofit** (*Geophytes*) [**Kriptofit** (*Cryptophytes*)]..... 4

Dc Tumbuhan semusim. Tumbuhan yang sistem pucuk dan akarnya mati setelah memproduksi biji dan yang menyelesaikan seluruh siklus hidupnya dalam satu tahun

**Terofit** (*Therophytes*)..... 5

Cb Tumbuhan yang tumbuhnya ditunjang oleh tumbuhan lain

Ea Tumbuhan yang berakar dalam tanah. Tumbuhan yang berkecambah pada tanah dan tumbuh pada tanah

**Liana** (*Lianas*) [**Liana-sejati** (*Eu-liana*)]..... 6

Tumbuhan yang berkecambah pada tumbuhan lain dan akarnya tumbuh ke bawah dan berkembang dalam tanah, atau tumbuhan yang berkecambah di tanah dan tumbuh ke atas pada pohon tetapi kemudian memutuskan hubungannya dengan tanah

**Hemi-epifit** (*Hemi-epiphytes*) [**Liana-semu** (*Pseudo-liana*)]..... 7

Eb Tumbuhan yang berkecambah dan berakar pada tumbuhan lain (termasuk pohon mati masih tegak, tiang dan kawat telepon, tunggul, dan sebangsanya)

**Epifit** (*Epiphytes*)..... 8

Cc Tumbuhan air yang bergerak bebas (= pengembara)

**Hidrofit Berpembuluh Mengembara**

(*Errant Vascular Hydrophytes*)..... 9

Bb Talofit (*Thallophytes*) [kriptogam tidak berpembuluh]

Fa Tumbuhan yang menempel ke permukaan tanah (di sini didefinisikan sebagai segala macam bahan yang menyusun permukaan tanah, seperti batuan tanah mineral, humus, serasah, kayu yang melapuk atau medium padat yang menutupi permukaan).

Ga Perenial (*Perenials*)

Lumut dan lumut hati membantal dan lumut kerak memerdu (*fruticose*)

**Talo-kamefit** (*Thallo-chamaephytes*)..... 10

Lumut dan lumut hati yang menjala rata, lumut kerak yang berdedaunan dan mengerak (*foliose and crustose lichenes*), serta alga (termasuk lumut kerak dan lumut kerak endolitik)

- Talo-hemikriptofit** (*Thallo-hemicryptophytes*)..... 11
- Gb Tumbuhan semusim
- Talo-terofit** (*Thallo-therophytes*)..... 12
- Fb Tumbuhan yang menempel ke tumbuhan lain langsung atau tidak langsung pada pepagan, atau sebangsanya, atau tidak langsung pada kantung-kantung tanah dan humus yang terdapat pada ketiak cabang, dan rekahan pepagan.
- Talo-epifit** (*Thallo-epiphytes*)..... 13
- Fc Talofit autotrof yang bergerak bebas (*Free moving autotrophithallophytes*)[=pengembara (*errants*)]
- Ha Tumbuhan berfotosintesis (*photosynthesizers*)  
Di air (masin, payau, atau tawar)
- Talo-hidrofit Mengembara** (*Errant Thallo-hydrophytes*) .... 14
- Pada salju dan es
- Kriofit** (*Kyriophytes*)..... 15
- Pada dan dekat permukaan tanah (termasuk humus dan kayu melapuk)
- Edafofit** (*Edaphophytes*)..... 16
- Tumbuhan berkemosintesis (*chemosynthesizers*)
- Kemo-edafofit** (*Chemo-edaphoophytes*)..... 17
- Ab Tumbuhan semi - autotrof
- Tumbuhan hijau tumbuh menempel pada tumbuhan autotrof hidup lain
- Ia Kormofit
- Semi-parasit Berpembuluh** (*Vascular semi-parasites*)..... 18
- Ib Talofit
- Talo-semi-parasit** (*Thallo-semi-parasites*) ..... 19
- Ac Tumbuhan heterotrofik
- Ka Kormofit (*Kormophytes*)  
Tumbuh pada tumbuhan hidup
- Parasit berpembuluh** (*Vascular Parasites*)..... 20
- Tumbuh pada bahan organik mati
- Saprofit berpembuluh** (*Vascular saprophytes*)..... 21

## Kunci untuk Bentuk-hidup Tumbuhan Menurut Raunkiaer

Kb Talofit (*Thallophytes*)

Tumbuh pada atau di dalam tumbuhan hidup

**Talo-parasit** (*Thallo-parasites*)..... 22

Tumbuh pada bahan organik mati

**Talo-saprofit** (*Thallo-saprophytes*) .... 23

## II. KUNCI UNTUK SUBDIVISI KELOMPOK UTAMA BENTUK-HIDUP TUMBUHAN

Pembagian lebih lanjut menjadi kelompok 1–13 telah dibuat berdasarkan bentuk-hidup autotrof terestrial. Kelompok ini juga merupakan produsen utama yang menjadi perhatian para ekologiwan tumbuhan terestrial. Pembagian lebih lanjut yang memuaskan bagi kelompok bentuk-hidup 14–23 memerlukan pengetahuan khusus dan ada di luar jangkauan ruang lingkup sekarang.

Kunci berikut menggunakan sistem desimal. Angka pertama menunjukkan kelompok bentuk-hidup utama, seperti:

1. Fanerofit
2. Kamefit, dsb.

Angka kedua menyatakan subkelompok berikutnya, seperti

- 1.1 Fanerofit dengan batang dan cabang berkayu biasa
- 1.2 Pohon-pohon jambul (*tuft trees*)
- 1.3 Pohon botol (*bottle trees*), dsb.

Angka ketiga menunjukkan ciri-ciri penting dalam fanerofit:

- 1.01 Berbatang tunggal (*scapose*) = pohon
- 1.02 Bercabang dari dekat pangkal (*caespitose*) = perdu

Angka keempat menyatakan kelas tinggi dalam fanerofit:

- 1.001 < 2 m = Nanofanerofit (*Nanophanerophytes*)
- 1.002 2–5 m = Mikrofanerofit (*Microphanerophytes*)
- 1.003 5–50 m = Mesofanerofit (*Mesophanerophytes*)
- 1.004 > 50 m = Megafanerofit (*Megaphanerophytes*)

Tempat-tempat angka tersebut di atas hanya digunakan untuk atribut-atribut dalam fanerofit. Atribut penting lain, seperti malar hijau (*evergreen*) lawan meranggas (*deciduous*) menggunakan angka tambahan, dan atribut apa pun yang

paling baik mencirikan subkelompok menduduki tempat angka berikutnya. Dalam kelompok-kelompok bentuk-hidup lain, seperti kamefit dan hemikriptofit, dsb., angka-angka yang mengikuti angka pertama juga dipilih untuk karakteristik-karakteristik penting berikutnya, yang tentu saja tidak selalu sama dengan yang digunakan dalam fanerofit. Dalam kelas tinggi, yang terkecil dinyatakan dengan 1, yang berikutnya dengan 2, dsb.

Di tempat-tempat dengan nol (0) yang menduduki tempat angka tertentu, atributnya tidak diketahui.

Singkatan nama-nama bentuk-hidup ditambahkan bila telah banyak digunakan dalam literatur.

### 1. **Fanerofit (*Phanerophytes*) (P)**

#### 1.1 ***Fanerofit dengan batang dan cabang berkayu normal* P**

- |       |   |             |
|-------|---|-------------|
| 1.11  | Pohon =fanerofit berbatang tunggal dengan banyak sekali cabang lateral (= <i>scapose</i> ).....   | P scap      |
| 1.111 | Pohon katai (dwarf)= Nanofanerofit < 2 m .....  | N P scap    |
| 1.112 | Pohon kecil = Mikrofanerofit 2–5 m .....  | Mi P scap   |
| 1.113 | Pohon besar= Mesofanerofit 5–50 m .....   | Mes P scap  |
| 1.114 | Pohon raksasa= Megafanerofit > 50 m .....   | Meg P scap  |
| 1.12  | Perdu = Fanerofit yang bercabang dari dekat pangkal batang (= <i>caespitose</i> ) .....   | P caesp     |
| 1.121 | Perdu berukuran normal = Nanofanerofit < 2 m.....   | N P caesp   |
| 1.122 | Perdu tinggi = Mikrofanerofit 2–5 m.....  | Mi P caesp  |
| 1.123 | Perdu raksasa = Mesofanerofit > 5 m .....   | Mes P caesp |
| 1.13  | Tumbuhan katai ( <i>krumholz</i> ) = fanerofit merayap, yang batang atau cabangnya merunduk ke bawah, tetapi tingginya melebihi 50 cm dari permukaan tanah (= perawakan merayap [ <i>reptant habit</i> ]) ..... | rept        |
| 1.131 | “Tumbuhan katai” tipikal < 2 m.....   | N P rept    |
| 1.132 | “Tumbuhan katai” tinggi> 2 m.....   | Mi rept     |

Kelas tinggi tersebut di atas dan perbedaan antara pohon, perdu, dan tumbuhan katai harus diterangkan pada kondisi lingkungan tertentu. Untuk menyederhanakan mekanisme klasifikasi tersebut, pemisahan berikut ini dibuat berdasarkan sifat-



## Kunci untuk Bentuk-hidup Tumbuhan Menurut Raunkiaer

sifat yang berlaku bagi hampir semua fanerofit berkayu biasa (P) dalam kisaran-kisaran kelas ukuran yang tepat, apakah itu pohon atau perdu.

- 1.100.1 Malar hijau (*Evergreen*)  
Berdaun lebar  
Tanpa perlindungan kuncup, barangkali hampir khusus spesies hutan hujan (ombro= 0 [*ombro* = o])
- 1.100.11 Malakofili (*malacophyllous*) [= m; daun lunak yang lumpuh segera setelah ditaruh di atas uap air panas, seperti *Macaranga*] .omP
- 1.100.12 Semi-sklerofili sampai sklerofili (*sclerophyllous*)  
[= s, misalnya *Coffea*] ..... osP
- Dengan perlindungan kuncup
- 1.100.13 Malakofili (= m, misalnya *Hibiscus tiliaceus*) ..... mP
- 1.100.14 Sclerofili (= s, misalnya *Metrosideros collina*) ..... sP
- 1.100.15 Berdaun jarum (*belonido* = b, misalnya *Pinus*) ..... bP
- 1.100.2 Hijau musim panas (*summer-green*) atau meranggas dingin (*cold-deciduous*) [*estivo* (*aestivo* = a)]
- 1.100.21 Berdaun lebar (misalnya *Fagus*) ..... aP
- 1.100.22 Berdaun jarum (misalnya *Larix*) ..... abP
- 1.100.3 Meranggas kering (*drought-decisuous*) (*cheimo* = c), sebagian besar dengan perlindungan kuncup selama musim kering, misalnya *Erythrina* ..... cP

Masing-masing bentuk-hidup tersebut dapat dibagi lagi lebih lanjut menurut:

### (a) Bentuk tajuk

- 1.100.001 Dengan tajuk membulat (misalnya *Mangifera indica*)
- .002 Dengan tajuk seperti payung (misalnya *Samanea saman*)
- .003 Dengan tajuk menyilinder (misalnya *Metrosideros collina* di daerah jatuhnya abu gunung di Hawaii)
- .004 Dengan tajuk mengerucut (misalnya banyak konifer zona alpin iklim sedang, tetapi juga tumbuhan muda *Rhizophora mangle*)
- .005 Dengan tajuk memayung (misalnya *Albizia falcataria*)
- .006 Dengan tajuk tidak teratur atau tajuk beraneka bentuk

## Ekologi Vegetasi

### (b) Perluasan tajuk

- 1.100.0001 Tajuk hanya terbatas di bagian teratas pohon (sebagian besar pohon-pohon ko-dominan dalam hutan hujan pamah tropik)
- .0002 Tajuk terbatas pada 1/3 bagian atas tinggi pohon
- .0003 Tajuk sekita ½ dari tinggi pohon
- .0004 Tajuk meluas ke bawah sampai lebih dari ½ tinggi pohon
- .0005 Tajuk meluas sampai ke dekat pangkal pohon

### (c) Ukuran daun (termasuk filodia [*phyllode*])

- .000.01 Nanofili (*nanophyllous*), biasanya kurang dari 1 cm<sup>2</sup>
- .000.02 Mikrofilia (*microphyllous*), biasanya kurang dari 5 cm<sup>2</sup>
- .000.03 Mesofili (*mesophyllous*)
- .000.04 Makrofilia (*macrophyllous*), biasanya lebih besar dari 100 cm<sup>2</sup>
- .000.05 Megafilia (*megaphyllous*) (daun raksasa), biasanya lebih besar dari 500 cm<sup>2</sup>

### (d) Bentuk daun (termasuk filodia)

Daun bentuk jarum telah dikemukakan sebagai *belonido*; pada *Casuarina*. Tumbuhan ini mempunyai filodia menyilindris (*cylindrical*) sebagai organ fotosintesis, yang tampak berbentuk jarum.

- .001 Jarum-sisik (*scale-needle*) (misalnya *Thuja*, *Chamaecyparis*)
- .002 Jarum-mikro, kurang dari 1 cm
- .003 Jarum-meso, 1–5 cm
- .004 Jarum-makro, lebih dari 5 cm

Daun berhelai = daun lebar, telah dikemukakan; kelompok ini mencakup semua, kecuali yang berikut:

- .005 Daun menyirip (kebanyakan pohon Leguminosae, misalnya *Albizia* spp.)

### (e) Sifat-sifat perakaran yang dapat dikenal di atas tanah

- 1.100.000.000.1 Banir, akar papan (karakteristik di banyak pohon-pohon hutan hujan pamah tropik, seperti *Ficus variegata*, *Shorea balangeran*, dan jenis-jenis *Dipterocarpaceae* lain.

## Kunci untuk Bentuk-hidup Tumbuhan Menurut Raunkiaer

- .2 Akar tunjang (*stilt-roots*), tanpa mempertimbangkan fungsi (misalnya *Pandanus*, *Rhizophora*, dan *Iriarte orbignyana*).
- .3 Akar napas (*pneumatophores*) = akar berbentuk lutut atau asparagus di permukaan, seperti *Avicennia*, *Sonneratia*, *Bruguiera*.
- .4 Akar udara (*aerial roots*), menggantung seperti akar liar dari batang utama atau cabang (misalnya *Eucalyptus robusta* di hutan hujan sangat basah, *Metrosideros*, beberapa *Ficus* spp.).
- .5 Xilopod (*xylopod*) = membengkak, menyimpan air, kebanyakan pangkal batang di bawah tanah (misalnya *Capparis* spp.)

### (f) Sifat-sifat pepagan (*bark*).

- 1.100.000.000.01 Pepagan hijau, kebanyakan tipis atau agak tebal (misalnya *Commiphora*).
- .02 Tipis, halus, pepagan tidak hijau (misalnya banyak pohon-pohon daerah tropik basah, seperti *Albizia falcataria* dan *Ficus religiosa*).
- .03 Ketebalan sedang, halus, pepagan tidak hijau tetap halus sampai tua (misalnya *Fagus sylvatica*, kebanyakan *Abies* spp.)
- .04 Ketebalan sedang, halus, pepagan tidak hijau menjadi merkah bila sudah dewasa (misalnya *Fraxinus excelsior* dan *Thuja*).
- .05 Tebal, pepagan merekah (misalnya *Quercus robur*, *Pseudotsuga menziesii*, dan *Pinus ponderosa*)
- .06 Tebal, pepagan bergabus (misalnya *Quercus suber*).

### (g) Duri (berbagai macam duri atau onak dalam arti morfologi)

- 1.100.000.000.001 Tidak ada
- .002 Sangat sedikit, kebanyakan pada cabang
- .003 Sedikit, kebanyakan pada batang
- .004 Sedikit, pada batang dan cabang
- .005 Melimpah
- .006 Daun dan filodia menjadi duri

## Ekologi Vegetasi

### (h) Posisi perbungaan

1.100.000.000.000.1 Di ujung (misalnya *Abies*)

.2 Lateral (ada cabang atau tanpa posisi pasti, yaitu di seluruh tajuk [misalnya *Pseudotsuga*])

.3 Pada batang utama atau cabang utama, misalnya kauliflori (seperti *Cercis silquastrum*, beberapa *Ficus* spp., *Theobroma cacao*, dan *Couroupita*)

1.2 **Pohon-pohon jambul (tuft trees)**. Fanerofit dengan batang berkayu dan lembar daun ujung besar atau terminal, cabang-cabang beraset (= fanerofit beraset [*rosulate phanerophytes*], misalnya palem dan paku pohon)P ros

1.201 Pohon katai = Nanofanerofit < 2m ..... N P ros

1.202 Pohon kecil = Mikrofanerofit 2–5 m ..... Mi P ros

1.203 Pohon besar = Mesofanerofit 5–50 m ..... Mes P ros

1.204 Pohon raksasa = Megafanerofit > 50 m ..... Mes P ros

Kelas-kelas tinggi di atas hendaknya diterapkan kepada kondisi lapangan yang spesifik tempat terdapatnya kelas tinggi tersebut. Berikut ini adalah bentuk-bentuk fanerofit beraset yang lebih umum:

1.210 Tidak bercabang

1.210.1 Lembar daun tunggal (misalnya beberapa *Cecropia* spp.)

1.210.2 Lembar daun menyirip (misalnya *Cocos*)

1.210.3 Lembar daun berbentuk kipas (misalnya *Mauritia*)

1.220 Bercabang

1.220.1 Tunggal, lembar daun memita (misalnya *Xanthorroea*)

1.220.2 Lembar daun menyirip (misalnya *Schizolobium excelsum*)

1.220.3 Lembar daun berbentuk kipas (misalnya *Hyphaene thebaica*)

1.230 Menjambul (*tufted*), batang kembar tumbuh dari sebuah rimpang

1.240 Batang berongga terisi dengan akar (*Puya raimondii*)

1.200.4 Daun dengan penutup rambut seperti wol (misalnya *Senecio* raksasa di pegunungan tinggi)

1.200.5 Daun semi-sukulen (*semi-succulent*) [misalnya *Aloë* spp.]

## Kunci untuk Bentuk-hidup Tumbuhan Menurut Raunkiaer

- 1.3 **Pohon botol**. Fanerofit dengan batang membengkak penyimpan air (*phanerophyta dolaria* = dol, misalnya *Adansonia*) ..... P dol
- 1.300 Variasi tinggi dan pohon-perdu dapat dievaluasi secara lokal seperti sebelum ini; karena itu dua angka nol.
- 1.300.1 Malar hijau
- 1.300.11 Daun normal (misalnya *Brachybiton*)
- 1.300.12 Daun-ental (*lesf-frond*) [palem, misalnya *Colpothrinax wrightii*]
- 1.300.13 Daun sukulen (misalnya *Aloë dichotoma*)
- 1.300.2 Meranggas-dingin (*drought-deciduous*) (termasuk bentuk-bentuk afili)
- 1.4 Sukulen tinggi, dengan batang sukulen dari pangkal sampai ujung atas atau dengan kladofil sukulen (*succulentcladophylls*) tumbuh ke atas ..... P succ
- 1.400 Variasi tinggi dan pohon-perdu seperti terdahulu, kecuali megafanerofit, yang tidak ada
- 1.410 Berbatang tunggal, tetapi umumnya bercabang
- 1.410.1 Batang menyilindris
- 1.410.2 Kladofili (misalnya *Opuntia macracantha*)
- 1.411.1 Nanofanerofit (misalnya *Ferrocactus wislizenii*)
- 1.413.1 Tingginya sampai mesofanerofit (misalnya *Carnegia gigantea*)
- 1.420.1 Berdesakan, menyilindris, tingginya sampai mesofanerofit (misalnya *Pachycereus pringlei*)
- 1.5. **Fanerofit dengan batang menerna** atau batang di sana-sini berlignin (tetapi pada dasarnya menerna). Kelompok ini termasuk semua perenial menerna dan memerdu (pangkal berkayu dengan ujung-ujung cabang menerna) yang menjadi lebih tinggi dari 50 cm dan tidak menunjukkan gejala kematian berkala sampai batas tinggi tersebut. Dalam lingkungan yang baik, batas tinggi ini dapat sampai 1 m, misalnya daerah tropik basah, habitat air hangat merembes.
- 1.500 Bila berlaku, variasi tinggi dan skapos-sesipitos dapat dievaluasi seperti sebelumnya. Oleh karena itu, dua digit nol variasi ketiga untuk bentuk-bentuk berselancar dan berimpang tampaknya perlu dimasukkan di sini.

## Ekologi Vegetasi

- 1.500.1 Rumput fanerofit atau fanerofit seperti rumput..... P gram
  - 1.500.11 Berlignin (misalnya berbagai jenis bambu)
  - 1.520.11 Berdesakan (*Caespitose*)
  - 1.530.11 Merayap (*reptant*)
  - 1.500.12 Menerna (misalnya berbagai jenis tebu)
  - 1.520.12 Berdesakan
  - 1.530.12 Merayap
- 1.500.2 Fanerofit bukan rumput (terna bukan rumput)..... P herb
  - 1.500.21 Berlignin (atau memerdu)
  - 1.510.21 Skapos (*scapose*), dengan lembar daun besar (misalnya *Musa* spp.)
    - 1.520.21 Berdesakan
      - 1.520.211 Dengan lembar daun besar (beberapa *Musa* spp.)
      - 1.520.212 Dengan cabang-cabang dan daun-daun normal (misalnya *Indigofera*)
    - 1.530.21 Merayap
  - 1.500.22 Menerna
    - 1.510.22 Skapos
      - 1.520.22 Berdesakan
        - 1.520.221 Membuka di pusat atau longgar di pusat
          - 1.520.221.1 Dengan lembar daun besar (paku menerna tinggi, misalnya *Hicriopteris*)
          - 1.520.221.2 Dengan cabang dan daun normal (misalnya *Begonia* spp.)
        - 1.520.222 Lebat di pusat, atau dengan pusat yang kompak, biasanya dengan tangkai bunga muncul dari pusat
          - 1.520.222.1 Daun relatif tidak berbulu (tidak seperti wol, misalnya *Lobelia deckenii*, *Lupinus alopecurus*)
          - 1.520.222.2 Daun berbulu seperti wol
    - 1.530.22 Merayap

2. **Kamefit (*Chamaephytes*)** (Ch)

Selain sifat-sifat yang diberikan dalam kunci (h. 450) kamefit secara tipikal mempunyai perawakan pucuk yang mengelompok. Mereka dapat dikatakan seperti sapu atau memberkas mulai dari tanah hingga tinggi 50 cm. Ini berlaku terutama bagi tumbuhan dengan kuncup yang menanjak. Bila mereka tumbuh lebih dari 50 cm, biasanya cabang-cabang dan pucuk menipis. Ini adalah bagian pucuk yang mati secara berkala pada masa musim yang tidak baik. Untuk keperluan klasifikasi, dalam habitat yang lebih baik batas tinggi ini dapat diperbesar sampai 100 cm. Sebuah perawakan kamefit yang tipikal adalah tergeletak tidak teratur di atas permukaan tanah. Oleh karena itu, sebaliknya dari fanerofit perbedaan tinggi tidak terlalu penting. Alih-alih, yang lebih penting adalah derajat lignifikasi dan perawakan sistem pucuk. Meskipun demikian, klasifikasi tinggi diberikan di ujung:

2.1 ***Perdu katai berkayu.*** Sifat mengayu lengkap sampai ke ujung-ujung cabang.

Kamefit memerdu .....Ch frut

2.11 Berdesakan (paling sering, karena itu “caesp” dapat dihilangkan)

2.111 Malar hijau

2.111.01 Malakofili (m, misalnya *Daphne striata*) .....m Ch frut

2.111.02 Sklerofili (s, misalnya *Mahonia aquifolia*).....s Ch frut

2.111.03 Afili (*aphyllous*), filokladi (p, misalnya *Ephedra* spp.)..p Ch frut

2.112 Meranggas-dingin (*aestivo* = a, misalnya *Vaccinium myrtillos*)...a Ch frut

2.12 Merayap (misalnya *Arctostaphylos uva-ursi*) .....Ch frut rept

2.13 Membantal [(*pulvinate*), bentuk bantal, misalnya *Acantholimon* spp.] .....Ch frut pulv

2.2 ***Perdu katai semi-berkayu.*** Sifat mengayu terbatas pada pangkal sisem pucuk.

Kamefit memerdu .....Ch Suff

2.21 Berdesakan

2.211 Malar hijau

2.211.01 Malakofili (misalnya *Helianthemum nummul.*) .....m Ch suff

2.211.02 Sklerofili (?).....s Ch suff

2.211.03 Afili, filokladi (?) .....p Ch suff

2.112 Meranggas-dingin atau meranggas-kering (*drought*

## Ekologi Vegetasi

- deciduous*) [*thero* = t, misalnya *Vaccinium parvifolium* .....t Ch suff
- 2.22 Merayap (*Linnaea borealis*) .....Ch suff rept
- 2.23 Membantal (?) .....Ch suff pulv
- 2.24 Berdesakan (misalnya *Crotalaria mucronata*) .....Ch suff scap
- 2.3 **Kamefit menerna**, termasuk semua terna perenial bukan rumput, rerumputan dan paku-pakuan yang malar hijau dan tidak berkayu, yang tingginya tidak lebih dari 1 m atau mati secara berkala sampai ke sistem pucuk tersisa yang tetap hijau paling tidak 25 cm di atas permukaan tanah..... Ch herb
- 2.31 Berdesakan
- 2.311 Malar hijau dalam arti sempit (misalnya *Dryopteris paleacea*)....Ch herb
- 2.312 Pucuk mati secara berkala, yaitu hampir semuanya sekaligus (*thero* = t); transisi ke hemikriptofit (misalnya *Andropogon virginicus*).....t Ch herb
- 2.32 Merayap
- 2.321 Malar hijau (misalnya *Stellaria holostea*).....Ch herb rept
- 2.322 Pucuk mati secara berkala (t, *Stenotaphrum secundatum*)...t Ch herb rept
- 2.33 Membantal.....Ch herb pulv
- 2.331 Membulat (*globose*) [g, misalnya *Androsace helvetica*.....g Ch herb pulv
- 2.332 Rata (f, misalnya *Silene acaulis*).....f Ch herb pulv
- 2.34 Berdesakan .....Ch herb scap
- 2.4 **Sukulen rendah**. Ini termasuk semua sukulen dengan tinggi kurang dari 50 cm, kecuali yang mati sampai bagian sisa-sisa pada permukaan tanah (hemikriptofit) atau dalam tanah (geofit), misalnya banyak sukulen yang merupakan ciri gurun Afrika Selatan dan Amerika.....Ch succ
- 2.41 Sukulen batang (st, misalnya *Euphorbia mauretanic*) .....Ch st succ
- 2.42 Sukulen daun, beberapa mungkin hemikriptofit, yang dimasukkan di sini (l, misalnya *Crassula* spp.).....Ch l succ
- 2.43 Sukulen akar, dengan organ penyimpanan dalam tanah (r, misalnya *Pachypodium bispinosum*) .....Ch r succ



2.5 **Kamefit *poikilohidri***. Sejauh yang diketahui sekarang ini sebagian besar adalah paku-pakuan dari daerah iklim gersang, neraca airnya berubah menurut kelembapan atmosfer sekitarnya. Pucuk-pucuknya dapat bertahan dalam kondisi laten selama musim kekeringan dan menjadi hijau kembali segera setelah kondisi lebih basah pulih (misalnya *Cheilanthes hirta*)  
.....Ch poik

Subdivisi tinggi dapat diterapkan bila perlu, misalnya:

- 2.000.1 Kamefit sangat rendah <3 cm
- .2 Kamefit rendah 3–10 cm
- .3 Kamefit tipikal 10–30 cm
- .4 Kamefit tinggi 30–100 cm
- .5 Kamefit sangat tinggi > 100 cm

### 3. **Hemikriptofit (*Hemicryptophytes*) (H)**

Sistem pucuk, yang pada musim tidak baik terletak rata pada tanah, sering dilindungi oleh sisa-sisa pucuk mati. Pada musim pertumbuhan pucuk-pucuk yang aktif selalu muncul di atas pucuk perenial pada permukaan tanah. Hemikriptofit yang tipikal secara keseluruhan adalah terna, tetapi pada tumbuhan yang menjadi tua batang dapat menebal dan berkayu karena lignifikasi. Gejala seperti ini tampak pada tumbuhan dwi tahunan (*biennial*), yang setelah mati, sisa-sisa tumbuhan masih tetap berdiri tegak.

- 3.10 ***Hemikriptofit berdesakan* (*caespitose hemicryptophytes*)**  
[susunan pucuk memberkas atau melingkar] .....H caesp
- 3.101 Sistem pucuk meranggas-dingin (*aestivo* = a, misalnya *Dactylis*) .....a H caesp
- 3.102 Meranggas-kering (*cheimo* = c, misalnya *Heteropogon contortus*) .....c H caesp
- 3.103 Jarang malar hijau (e) selama musim tidak baik; transisi kepada Kamefit (misalnya *Deschampsia flexuosa*) .....e H caesp
- 3.20 ***Hemikriptofit merayap* (*reptant hemicryptophytes*)**  
[merayap atau mengusut] .....H rept
- 3.201 Meranggas-dingin (misalnya *Agrostis stolonifera*), .....a H rept
- 3.202 Meranggas-kering (misalnya *Tricholaena repens*) .....c H rept

3.203 Jarang malar hijau (misalnya *Cynodon dactylon*) .....e H rept

3.3 **Hemikriptofit skapos** (*scapose hemicryptophytes*)

3.30 Tanpa roset (*without rosette*).....H scap

3.301 Meranggas-dingin (misalnya *Scrophularia nodosa*) .....a H scap

3.302 Meranggas-kering (misalnya *Chrysopogon aciculatus*) .....c H scap

3.31 Roset .....H ros

3.311 Meranggas-dingin (misalnya *Bellis perennis*) .....a H ros

3.312 Meranggas-kering (misalnya *Desmodium triflorum*) .....c H ros

3.32 Semi-roset (*semi-rosette*) .....H sem

3.321 Meranggas-dingin (misalnya *Ranunculus acer*) .....a H sem

3.322 Meranggas-kering (misalnya *Erigeron canadensis* di daerah beriklim musim panas kering).....c H sem

3.4 **Hemikriptofit akuatik** (*aquatic hemicryptophytes*),

[hidrofit = hyd]).....hyd H

3.41 Berdesakan (misalnya *Isoetes*).....hyd H caesp

3.42 Merayap (misalnya *Pilularia*) .....hyd H rept

3.43 Skapos (misalnya *Lobelia dormanna*) .....hyd H scap

Selain itu pemecahan lebih lanjut menurut kelas tinggi dapat dibuat bila diperlukan sebagai berikut:

3.000.1 Hemikriptofit sangat kecil < 3 cm

.2 Hemikriptofit kecil 3–10 cm

.3 Hemikriptofit ukuran sedang 10–30 cm

.4 Hemikriptofit tinggi 30–100 cm

.5 Hemikriptofit sangat tinggi > 100 cm

4. **Geofit (G, Kriptofit) (*Geophytes* [*G. Cryptophytes*])**

Tumbuhan menerna ini mempunyai organ sintasan (*survival*) yang terlindungi penuh di dalam tanah dan biasanya terdapat di daerah iklim dengan musim yang sangat tidak menguntungkan. Meskipun demikian tumbuhan tersebut dapat juga terdapat di daerah iklim yang tidak terlalu ekstrem dan mengisi relung-relung sementara sebagai spesies pelengkap dalam komunitas tertentu.

## Kunci untuk Bentuk-hidup Tumbuhan Menurut Raunkiaer

- 4.1 **Geofit bertunas dari akar** (*radicigemma* = rad) ..... G rad
  - 4.11 Hijau-musim-semi (*spring-green*) (*earizo* = ear) ..... ear G rad
  - 4.12 Hijau-musim-panas (*summer-green*) (*aestivo* = a; misalnya *Cirsium arvense*) ..... a G rad
  - 4.13 Hijau-hujan (*rain-green*) (*cheimo* = c) ..... c G rad
- 4.2 **Geofit berumbi**, berkembang dari umbi lapis atau subang (*corm*) G bulb
  - 4.21 Hijau-musim-semi (misalnya *Leucoium vernum*) ..... ear G bulb
  - 4.22 Hijau-musim-panas (misalnya *Lilium martagon*) ..... a G bulb
  - 4.23 Hijau-hujan (misalnya *Stenomesson*) ..... c G bulb
- 4.3 **Rimpang geofit** (*rhizome geophytes*), berkembang dari rimpang dengan panjang bervariasi ..... G rhiz
  - 4.31 Hijau-musim-semi (misalnya *Anemone nemorosa*) ..... ear G rhiz
  - 4.32 Hijau-musim-panas (misalnya *Agropyron repens*) ..... a G rhiz
  - 4.33 Hijau-hujan ..... c G rhiz
- 4.4 **Geofit akuatik** (*aquatic geophytes*) [*hydrophytic* =hydr] ..... hyd G
  - 4.41 Pertunasan akar (?) ..... hyd G rad
  - 4.42 Berumbi lapis (?) ..... hyd G bulb
  - 4.43 Rimpang (misalnya *Nymphaea*) ..... hyd G rhiz

Pembagian untuk perbedaan tinggi dapat diterapkan sebagai berikut:

- 4.000.1 Geofit sangat kecil < 3 cm
  - .2 Geofit kecil 3–10 cm
  - .3 Geofit berukuran sedang 10–30 cm
  - .4 Geofit tinggi 30–100 cm
  - .5 Geofit sangat tinggi 1–3 m
  - .6 Geofit luar biasa tinggi > 3 m

## 5. **Terofit** (*Therophytes*) (T, Tumbuhan Semusim)

Umumnya tumbuhan semusim (*annuals*) hidup kurang dari satu tahun dan beberapa jenis menyelesaikan daur hidupnya dalam beberapa minggu. Meskipun demikian, terdapat pengecualian, misalnya gulma di lapangan gandum musim

dingin (*winter-rye*), yang berkecambah pada musim gugur dan berbunga pada masa pertumbuhan vegetatif berikutnya, atau jenis-jenis mesembriantemum sukulen dari gurun Afrika yang, karena kemampuannya menyimpan air, dapat hidup lebih dari satu tahun setelah hujan yang meresap dalam. Tetapi, tumbuhan ini adalah terofit karena menyelesaikan daur hidupnya dalam satu masa pertumbuhan dan mati setelah memproduksi biji. Tidak dimasukkan ke dalam kelompok ini adalah jenis haposantik (*hapoxanthic*) (seperti *Agave*, dan *Argyroxipium*) yang mati setelah biji diproduksi, tetapi tumbuh terus untuk beberapa tahun sebelum mencapai tahap ini. Tumbuhan tersebut adalah tumbuhan bertahunan (*perennial*) sejati dan daur hidupnya tidak bergantung kepada musim tumbuh yang baik.

- 5.10 **Terofit berdesakan** (*Caespitose therophytes*) ..... T caesp
- 5.101 Hijau-musim-semi (misalnya *Aira caryophyllea*) ..... ear T caesp
- 5.102 Hijau-musim-panas (misalnya *Setaria viridis*) ..... a T caesp
- 5.103 Hijau-hujan (misalnya *Chloris barbata*) ..... c T caesp
- 5.104 Hijau-musim-dingin (misalnya tumbuhan musim dingin yang berkecambah pada musim semi dan tumbuh sampai musim panas berikutnya atau musim semi (*metoporino* = met, misalnya *Apera spica-venti*) ..... met T caesp
- 5.2 **Terofit merayap** (*Reptant therophytes*) ..... T rept
- 5.201 Hijau-musim-semi (misalnya *Veronica hederifolia*) ..... ear T rept
- 5.202 Hijau-musim-panas (misalnya *Alopecurus geniculatus*) ..... a T rept
- 5.203 Hijau-hujan (?) ..... c T rept
- 5.204 Hijau-musim-dingin, dapat hidup sampai musim semi (misalnya *Stellaria media*) ..... met T rept
- 5.3 **Terofit skapos** (*Scapose therophytes*)
- 5.30 Tanpa roset ..... T scap
- 5.301 Hijau-musim-semi (misalnya *Veronica triphyllos*) ..... ear T scap
- 5.302 Hijau-musim-panas (misalnya *Chenopodium polyspermum*) ..... a T scap
- 5.303 Hijau-hujan (misalnya *Eragrostis tenella*) ..... c T scap
- 5.304 Hijau-musim-dingin (misalnya *Ranunculus arvensis*) ..... met T scap

## Kunci untuk Bentuk-hidup Tumbuhan Menurut Raunkiaer

- 5.31 Roset di tanah, tanpa daun pada tangkai ..... T ros
- 5.311 Hijau-musim-semi (misalnya *Erophila verna*) ..... ear T ros
- 5.312 Hijau-musim-panas (?) ..... a T ros
- 5.313 Hijau-hujan (?)..... c T ros
- 5.314 Hijau-musim-dingin(misalnya *Arnoseris minima*) ..... met T ros
- 5.32 Semi-rosset, dengan daun pada tangkai ..... T sem
- 5.321 Hijau-musim-semi (misalnya *Stenophragma thalianum*) .. ear T sem
- 5.322 Hijau-musim-panas (misalnya *Sonchus oleraceus*) ..... a T sem
- 5.323 Hijau-hujan (?)..... c T sem
- 5.324 Hijau-musim-dingin (misalnya *Capsela bursa-pastoris*)..... met T sem
- 5.4 **Terofit akuatik** (*Aquatic therophytes*) (misalnya *Najas*) ..... hyd T
- 5.5 **Terofit sukulen** (*Succulent therophytes*) (misalnya *Portulaca oleracea*, di daerah iklim kering) ..... T succ

Subdivisi tinggi dapat dibuat sebagai berikut:

- 5.000.1 Terofit sangat kecil < 3 cm
- .2 Terofit kecil 3–10 cm
- .3 Terofit berukuran sedang 10–30 cm
- .4 Terofit tinggi 30–100 cm
- .5 Terofit sangat tinggi 1–3 m
- .6 Terofit luar biasa tinggi >3 m

### 6. **Liana** (L), Liana sejati [*Liana* (L), *Eu-Lianas*]

Liana, yang termasuk tumbuhan merambat, diperlakukan sebagai kelompok khusus, karena untuk pertumbuhannya liana bergantung kepada tumbuhan lain yang berdiri sendiri atau penunjang buatan, yang pada gilirannya menentukan tingginya liana.

- 6.1 **Liana fanerofit dan kamefit** (*Phanerophytic and chamaephytic lianas*), termasuk semua tumbuhan memanjat yang secara berkala tidak mati sampai ke permukaan tanah .....PL
- 6.11 Pemanjat akar, menempel erat pada penyangganya dengan

## Ekologi Vegetasi

- akar liar yang dimodifikasi (*radici* = r).....r PL
- 6.111 Berkayu (*fruticose*), [misalnya *Hedera helix*].....r PL frut
- 6.112 Semi-berkayu (*suffruticose*), [misalnya *Parthenocissus* spp.] .r PL suff
- 6.113 Menerna (?) .....r PL herb
- 6.12 Pemanjat melilit, mengelilingi penyangganya (*strepno* = st).....st PL
- 6.121 Berkayu (misalnya kebanyakan liana tropik) .....st PL frut
- 6.122 Semi-berkayu (misalnya *Humulus lupulus*) .....st PL suff
- 6.123 Menerna (misalnya *Polygonum dumitorum*).....st PL herb
- 6.13 Pemanjat carang (*tendril*), menempelkan dirinya kepada tumbuhan lain dengan carang, yang mempunyai asal morfologi berbeda (*elito* = el) .....el PL
- 6.131 Berkayu (misalnya *Bauhinia* spp.) .....el PL frut
- 6.132 Semi-berkayu (beberapa *Cissus* spp.) .....el PL suff
- 6.133 Menerna (misalnya *Passiflora* spp.) .....el PL herb
- 6.14 Pemanjat sebar, menyandarkan cabang-cabangnya pada tumbuhan lain (*diateino* = d) .....d PL
- 6.141 Berkayu (misalnya *Chusquea* dan bambu-bambu lain) ....d PL frut
- 6.142 Semi-berkayu (misalnya banyak *Rubus* spp.) .....d PL suff
- 6.143 Menerna (?) .....d PL herb

Dalam setiap kelompok dapat dibuat pembagian lebih lanjut, misalnya,

- 6.000.01 Malar hijau (tidak ada lambang tambahan)
- 6.000.02 Meranggas dingin, hijau-musim panas (= a).....a
- 6.000.03 Meranggas kering, hijau hujan (*cheimo* = c) .....c

Kelas tinggi dapat diterapkan dalam kaitannya dengan bentuk-hidup penyangganya, atau untuk definisi yang lebih teliti kelas-kelas tinggi terpisah dapat dibuat dengan memulai dengan angka kelima, misalnya 6.0001 dsb.

- 6.2 **Liana hemikriptofit** (*Hemicryptophytic lianas*), mati secara berkala sampai pucuk yang tersisa ada di permukaan tanah ..... HL
- 6.21 Pemanjat akar ..... r HL
- 6.22 Pemanjat melilit (?)..... st HL
- 6.23 Pemanjat carang (misalnya *Vicia sepium*) ..... el HL
- 6.24 Pemanjat sebar (misalnya *Galium mollugo*)..... d HL

## Kunci untuk Bentuk-hidup Tumbuhan Menurut Raunkiaer

- 6.3 **Liana geofit** (*Geophytic Liana*), mati secara berkala dan menyimpan organ penyimpan dalam tanah..... GL
- 6.32 Pemanjat melilit (misalnya *Convolvulus arvensis*)..... st GL
- 6.33 Pemanjat carang (misalnya *Lathyrus maritimus*) ..... el GL
- 6.34 Pemanjat sebar (misalnya *Corydalis claviculata*)..... d GL
- 6.4 **Liana terofit** (*Therophytic Liana*) ..... TL
- 6.42 Pemanjat melilit (misalnya *Polygonum convolvulus*) ..... st TL
- 6.43 Pemanjat carang (misalnya *Vicia hirsuta*) ..... el TL
- 6.44 Pemanjat sebar (misalnya *Galium aparine*)..... d TL

### 7. **Hemiepifit**, Pseudo-liana, Liana epifit (EL) (**Hemi-epiphytes**, *Pseudo-lianas*, *Epiphytic Lianas* (EL))

Tumbuhan ini dapat diklasifikasikan sebagai liana atau sebagai epifit bergantung kepada status perkembangannya sewaktu analisis. Akan tetapi, bila sifatnya dapat dievaluasi secara pasti, klasifikasi berikut dapat diterapkan:

- 7.1 Akar mati; tumbuhan yang dapat memanjat ke atas dan hilang atau telah hilang kontak dengan tanah.
- 7.2 Akar melilit tumbuhan inang atau mengelilinginya (misalnya dengan akar yang bercabang-cabang); penyekik
- 7.3 Akar turun tanpa mengitari tumbuhan inang
- 7.31 Sepanjang batang tumbuhan inang
- 7.32 Menggantung bebas dari cabang-cabang tumbuhan inang

### 8. **Epifit** (E), Epifit Berpembuluh (**Epiphytes** (E), *Vascular epiphytes*)

- 8.1 **Epifit dengan sistem akar normal** (*epiphytes with normal root systems*) tumbuh dalam tanah atau kantong-kantong humus (kebanyakan epifit fakultatif)
- 8.11 Fanerofit (misalnya *Cheirodendron trigynum*)..... PE
- 8.12 Kamefit..... ChE
- 8.121 Berkayu atau sufrutikos ..... ChE frut
- 8.122 Menerna (misalnya *Psilotum nudum*)..... ChE herb
- 8.122.1 Dengan daun tersusun dalam bentuk corong (misalnya *Asplenium nidus*)

8.122.2 Dengan daun tidak tersusun dalam bentuk corong, yaitu tersusun normal seperti biasanya terna yang beradaptasi dengan tanah (misalnya banyak jenis-jenis anggerek)

8.2 **Epifit dengan sistem pereakaran yang telah banyak termodifikasi** (*Epiphytes with strongly modified root systems*), batang atau daun (atau modifikasi-modifikasi morfologi khusus lain) teradaptasi pada pertumbuhan batang yang tidak mempunyai kantong-kantong pengumpul tanah atau humus pada ketiak-ketiak cabang (kebanyakan epifit obligat)

8.21 Sukulen (misalnya *Peperomia* spp dan banyak anggerek)..... CHE succ

8.22 Bukan tumbuhan sukulen

8.221 Tanpa daun tidak bermodifikasi (yaitu sama sekali tidak khas atau luar biasa), tetapi batang dan akar bermodifikasi

8.221.1 Dengan pangkal batang yang membengkok sekali (misalnya *Myrmecodia tuberosa*)

8.221.2 Dengan akar hijau seperti tali (misalnya banyak anggerek)

8.222 Dengan daun yang sangat bermodifikasi (tidak biasa)

8.222.1 Dengan daun tegak berbentuk mangkok atau corong (misalnya *Bromelia* spp.)

8.222.2 Dengan daun yang khusus beradaptasi untuk membentuk lapisan humus (misalnya *Platyserium*)

8.223 Dengan badan tumbuhan bermodifikasi sepenuhnya, menyerupai lumut kerak berjanggut (misalnya *Tillandsia usnoides*)

Dua strata tinggi yang secara ekologi penting dapat dibuat:

8.000.01 Menempati posisi yang terbuka terhadap matahari di kanopi atas

8.000.02 Menempati daerah kanopi bawah dan dahan-dahan bawah, tumbuh di posisi-posisi yang lebih ternaungi

**9. Hidrofit berpembuluh mengembara** (*Errant vascular hydrophytes*), bergerak bebas di perairan, tidak menempel atau berakar di tanah, misalnya (*Eicchhornia, Salvinia, Lemna, Utricularia*)

Kormo-Hidrofit tersunyam (*Kormo-Hydrophyta natantia*) ..... K Hyd Nat

Pembagian selanjutnya dapat dibuat



**10. Talo-kamefit (*Thalo-chamaephytes*) (Th Ch)**

- 10.1 Lumut membentuk bukit kecil (= *sphagnoid bryophytes*)..... Br Ch sph
- 10.2 Lumut membentuk permadani tebal (= *reptant bryiophytes*, misalnya *Pleurozium schreberi*) .....Br Ch rept
- 10.3 Lumut membentuk bantal (= *pulvinate bryophyte*, misalnya *Leucobryum glaucum*)..... Br Ch pulv
- 10.4 Lumut kerak membentuk bantal atau berdesakan dan memerdu (= lumut kerak kamefit, misalnya *Cladonia sylvatica*)..... Li Ch

**11. Talo-hemikriptofit (*Thalo-hemicryptophytes*) (Th H)**

- 11.1 Lumut yang terletak rata, [*bryo-hemicryptophytes* (misalnya *Plagiothecium curvifolium*)] ..... Br H
- 11.2 Lumut hati yang terletak rata, [*hepatic hemicryptophytes* (misalnya *Marchantia* ) ..... Hep H
- 11.3 Lumut kerak berdedaunan, [*lichen-hemicryptophytes* (misalnya *Peltigera*)] ..... Li H fol
- 11.4 Lumut kerak mengerak, [*crustaceous lichen-hemicryptophytes* (misalnya *Lecidea*)]..... Li H crust
- 11.5 Lumut kerak endolitik, hidup di batu dekat permukaan ..... Li H end
- 11.6 Ganggang menggala (*adnate*), [*phyco-hemicryptophytes* (misalnya beberapa *Pleurococcus*)]..... Phyc H
- 11.7 Ganggang endolitik..... Phyc H end

**12. Talo-terofit (*Thalo-therophytes*) (Th T)**

- 12.1 Lumut berumur pendek, [*bryo-therophytes* (misalnya *Ephemenum*)] ..... Br T
- 12.2 Lumut hati berumur pendek, [*hepatic therophytes* (misalnya *Riccia*)] dsb. .... Hep T

**13 Talo-epifit (*Thalo-epiphytes*) (T E), hidup pada pepagan dan daun**

- 13.1 Epifit talo-kamefit .....Th Ch E

## Ekologi Vegetasi

- 13.11 Lumut (misalnya *Pseudothecium*).....Br Ch E
- 13.12 Lumut hati .....Hep Ch E
- 13.13 Lumut kerak (misalnya *Alectoria*) .....Li Ch E
- 13.2 Epifit talo-hemikriptofit.....Th H E
- 13.21 Lumut (misalnya *Hypnum cupressiforme*).....Br H E
- 13.22 Lumut hati .....Hep H E
- 13.23 Lumut kerak (misalnya *Parmelia*) .....Li H E
- 13.24 Ganggang (misalnya *Pleurococcus*) .....Phyc H E
- 13.3 Epifit talo-terofit .....Th T E
- 13.31 Lumut .....Br T E
- 13.32 Ganggang .....Phyc T E
- 10. - 13 Subdivisi tidak lengkap
- 14. - 23 Akan dibuat kemudian

## Lampiran B

### **Klasifikasi Fisiognomi-ekologi Sementara Formasi Tumbuhan di Bumi (direvisi dari Ellenberg & Mueller-Dombois, 1967A)\***

Klasifikasi fisiognomi ini diuraikan sebagai landasan untuk pemetaan vegetasi dunia dengan skala 1 :1 juta atau lebih kecil. Klasifikasi ini akan memungkinkan perbandingan habitat ekologi di seluruh dunia yang ditunjukkan oleh kombinasi bentuk-hidup yang sama.\*\*

Formasi tumbuhan dan divisi-divisi lain dalam konteks ini dirumuskan sebagai kombinasi bentuk-hidup tumbuhan, misalnya unit fisiognomi. Untuk penamaan, istilah-istilah ekologi dimasukkan supaya singkat; bila mungkin, definisi didasarkan kepada kriteria fisiognomi. Dalam klasifikasi berikut ini, unit-unit yang peringkatnya tidak sama dibedakan dengan lambang berbeda:

**I, II, dsb. = KELAS FORMASI (*FORMATION CLASS*)**

**A, B, dsb. = Subkelas formasi (*Formation subclass*)**

**1, 2, dsb. = Kelompok formasi (*Formation group*)**

a, b, dsb, = Formasi (*Formation*)

(1), (2), etc.= Subformasi (*Subformation*)

(a), (b), etc.= Subdivisi atau pembagian lebih lanjut (*Further subdivisions*)

---

\* Berdasarkan naskah untuk diskusi kelompok kerja UNESCO mengenai klasifikasi vegetasi dan pemetaan. Daftar pertama, yang dibuat oleh Smithhüsen dan Ellenberg (1964) dan direvisi oleh Poore dan Ellenberg (1965), telah dibahas di Paris (Januari 1966) oleh Gaussen (Presiden), Budowski, Ellenberg, Fränze, Germain, Küchler, Lebrun, D. Poore, dan Sochva. Penulis telah menambahkan definisi istilah. Untuk komentar dan koreksi kami berterima kasih kepada semua rekan tersebut di atas, terutama Küchler. Penulis akan berterima kasih untuk menerima komentar lebih lanjut. Silakan komentar-komentar dikirimkan kepada H. Ellenberg, Untere Karspuele 2, D-34 Goetingen (Jerman Barat).

\*\* Beberapa formasi hanya menutup kawasan kecil yang tidak diwakili dalam peta-peta skala kecil. Formasi-formasi ini disebutkan di sini untuk memfasilitasi pemakaian klasifikasi fisiognomi-ekologi yang lebih luas. Kunci untuk bentuk-hidup disajikan dalam Lampiran A.

- I. **HUTAN TERTUTUP** (*CLOSED FORESTS*) terbentuk oleh pohon-pohon dengan tinggi paling tidak 5 m dengan tajuk yang saling berpautan (*interlocking*)<sup>\*\*\*</sup>
- A. **Terutama hutan malar hijau** (*Mainly evergreen forests*), misalnya kanopi, tidak pernah tanpa dedaunan, meskipun pohon-pohon secara individual dapat menggugurkan daunnya
1. **Hutan tropik ombrofil** (*Tropical ombrophilous forests*) [Secara konvensional disebut hutan hujan tropik]. Hutan terutama terdiri atas pohon-pohon malar hijau, sebagian besar tanpa perlindungan pucuk, tidak resisten terhadap dingin dan kering. Malar hijau sejati, yaitu pohon-pohon secara individual dapat bertahan tanpa daun hanya untuk beberapa minggu dan tidak bersamaan dengan yang lain. Daun-daun pada banyak jenis mempunyai “ujung-tetes” (*drip tips*).
- a. **Hutan pamah ombrofil tropik** (*Tropical ombrophilous lowland forest*). Terdiri atas banyak jenis pohon cepat tumbuh, beberapa dengan tinggi lebih dari 50 m, umumnya dengan pepagan licin, beberapa dengan banir. Pertumbuhan bawah sangat jarang dan terdiri terutama atas anakan pohon. Palem dan pohon-pohon merumpun lain biasanya jarang, liana hampir tidak ada, kecuali liana semu, misalnya tumbuhan yang berpangkal pada cabang pohon kemudian berakar di tanah. Hanya lumut kerak mengerak (*crustose lichens*) dan ganggang hijau selalu hadir sebagai epifit; epifit berpembuluh kurang melimpah dibandingkan dengan di b-d.<sup>\*\*\*\*</sup>
- b. **Hutan subpegunungan ombrofil tropik** (*Tropical ombrophilous submontane forest*). Pertumbuhan pohon sebagian besar sama dengan dalam a. Dalam pertumbuhan bawah bentuk-hidup terna lebih sering terdapat. Perbedaan paling penting adalah kemunculan epifit lebih sering.
- c. **Hutan pegunungan ombrofil tropik** (*Tropical ombrophilous montane forest*). (Sesuai terutama dengan pertelaan dalam buku teks tentang hutan hujan tropik perawan). Epifit berkayu dan lainnya melimpah. Pohon berukuran kecil (< 50 m); tajuk mencapai jauh ke bawah batang lebih daripada dalam a atau b. Pepagan kasar. Pertumbuhan bawah melimpah, sering kali diwakili

---

<sup>\*\*\*</sup> Dalam fase reproduksi atau sebagai pertumbuhan sekunder yang masih muda sementara tinggi kurang dari 5 m, tetapi individu-individu bentuk-hidup skapos (misalnya pohon bukan perdu). Dalam kondisi subkutub, batas mungkin hanya 3 m, dalam kondisi tropik 8 atau 10 m.

<sup>\*\*\*\*</sup> Epifit berpembuluh di kawasan pamah hanya melimpah bila kabut sering terjadi, misalnya dekat pantai.

nanomikrofanerofit roset (*rosulate nanomicrophanerophytes*) misalnya paku pohon atau palem kecil; lapisan permukaan tanah kaya akan terna higromorf dan kriptogram.

- (1) Berdaun lebar, bentuk yang paling umum.
  - (2) Berdaun jarum atau mikrofil.
  - (3) Bambu, kaya akan rerumputan-pohon (*tree-grasses*) sebagian besar menggantikan mikrofanerofit dan nanofanerofit merumpun.
- d. **Hutan subalpin ombrofil tropik** (*Tropical ombrophilous "subalpine" forest*). [Tidak termasuk hutan halimun (*cloud forest*) atau hutan-terbuka (*woodland*). Dianggap unik oleh beberapa peneliti, tetapi barangkali tidak penting. Diperlukan definisi
- e. **Hutan halimun ombrofil tropik** (*Tropical ombrophilous cloud forest*). Tajuk pohon, cabang dan batang serta liana ditumbuhi epifit, terutama lumut kamefit. Permukaan tanah tertutup dengan kamefit higromorf [misalnya *Sellaginella* dan paku-pakuan menerna]. Pohon sering berbonggol-bonggol dengan pepagan kasar dan tingginya jarang lebih dari 20 m.
- (1) Berdaun lebar, bentuk paling umum
  - (2) Berdaun jarum atau mikrofil
- f. **Hutan aluvium ombrofil tropik** (*Tropical ombrophilous alluvial forest*). Sama dengan b, tetapi kaya akan palem dan bentuk-hidup pertumbuhan bawah, terutama terna bukan rumput [misalnya *Musaceae*]; sering terdapat banir.
- (1) Tepian sungai (*riparian*) [pada tepian sungai terbawah yang sering kali dibanjiri], kebanyakan didominasi pohon-pohon cepat tumbuh; terna dalam pertumbuhan bawah hampir tidak ada, epifit langka sekali, miskin jenis.
  - (2) Kadang-kadang dibanjiri [pada teras-teras kering yang menyertai sungai aktif], bentuk yang paling banyak dari f; lebih banyak epifit daripada dalam (1) dan (3), banyak liana.
  - (3) Secara musiman tergenang air [sepanjang aliran sungai, di mana air menggenangi lahan datar yang luas untuk beberapa bulan], pohon-pohon sering kali dengan akar tunjang, kerapatan kanopi tidak seragam, umumnya pertumbuhan bawah sedikit, kecuali di tempat terbuka.
- g. **Hutan rawa ombrofil tropik** (*Tropical ombrophilous swamp forest*). [Bukan di sepanjang sungai, tetapi pada habitat dengan tanah basah karena digenangi air tawar atau air payau]. Serupa dengan f, tetapi umumnya jenis pohon

lebih sedikit. Banyak pohon berbanir atau berakar napas; kebanyakan lebih tinggi dari 20 m.

- (1) Berdaun lebar, didominasi dikotil.
- (2) Didominasi palem, tetapi pohon-pohon berdaun lebar pada pertumbuhan bawah.

h. **Hutan gambut malar hijau tropik** (*Tropical evergreen peat forest*) [dengan endapan bahan organik di permukaan]. Miskin akan jenis pohon, dengan kanopi lebih rendah daripada g [umumnya tidak lebih tinggi dari 20 m]. Pohon dengan laju pertumbuhan lambat, berdiameter kecil, umumnya mempunyai akar napas atau akar tunjang.

- (1) Berdaun lebar, didominasi tumbuhan dikotil
- (2) Didominasi oleh palem, yang mungkin dilengkapi oleh akar napas berbentuk asparagus

2. **Hutan musiman malar hijau tropik dan subtropik** (*Tropical and subtropical evergreen seasonal forests*). Terdiri terutama atas pohon-pohon malar hijau dengan beberapa perlindungan kuncup. Pengurangan dedaunan selama musim kering tampak nyata, sering merupakan pengguguran sebagian. Transisi antara 1 dan 3. Subdivisi a-c sebagian besar serupa dengan yang ada di bawah 1.

a. **Hutan pamah malar hijau musiman tropik [atau subtropik]** (*Tropical [or subtropical] evergreen seasonal lowland forest*).

b. **Hutan subpegunungan malar hijau musiman tropik [atau subtropik]** (*Tropical [or subtropical] evergreen seasonal submontane forest*).

- (1) Berdaun lebar, bentuk yang paling umum
- (2) Berdaun jarum

c. **Hutan pegunungan malar hijau musiman tropik [atau subtropik]** (*Tropical [or subtropical] evergreen seasonal montane forest*). Berlawanan dengan 1 c tidak ada paku pohon; alih-alih perdu malar hijau lebih sering ditemukan

d. **Hutan "subalpin" malar hijau kering tropik [atau subtropik]** (*Tropical [or subtropical] evergreen dry "subalpine" forest*). Secara fisiognomi mirip hutan sklerofil kering malar hijau hujan-musim-dingin (*winter-rain evergreen sclerophyllous dry forest*) [8a], biasanya terdapat di atas hutan halimun [1e]. Kebanyakan pohon-pohon sklerofil malar hijau, tinggi kurang dari 20 m,

dengan atau tanpa pertumbuhan bawah [kalau tidak dibuka oleh kegiatan manusia]. Miskin liana dan epifit, kecuali lumut kerak.

3. **Hutan semi-meranggas tropik dan subtropik** (*Tropical and subtropical semi-deciduous forests*). Sebagian besar pohon-pohon kanopi atas meranggas pada musim kering, banyak pohon-pohon di bawah kanopi dan perdu malar hijau serta sklerofil. Hampir semua pohon dengan perlindungan kuncup; daun-daun dengan “ujung-tetes”. Pepagan kasar, kecuali pohon botol yang mungkin ada.
  - a. **Hutan pamah semi-meranggas tropik [atau subtropik]** (*Tropical [or subtropical] semi-deciduous lowland forest*). Pohon-pohon yang tinggi sering pohon botol [misalnya *Ceiba*]. Praktis tidak ada epifit. Pertumbuhan bawah terdiri atas anakan pohon dan perdu berkayu sejati. Sukulen mungkin hadir [misalnya dalam bentuk kaktus sespitos (berdesakan) yang berbatang ramping]. Liana terofit dan liana hemikriptofit kadang-kadang hadir. Lapisan terna jarang mungkin hadir, terutama terdiri atas hemikriptofit seperti rumput dan terna bukan rumput.
  - b. **Hutan pegunungan atau hutan halimun semi-meranggas tropik [atau subtropik]** (*Tropical [or subtropical] semi-deciduous montane or cloud forest*). Serupa dengan a, tetapi kanopi lebih rendah dan tertutup epifit xerofit [misalnya *Tillandsia usneoides*]. Dalam kelompok 3, formasi subpegunungan tidak dapat dibedakan dengan jelas.
4. **Hutan ombrofil subtropik** (*Subtropical ombrophilous forests*). [Hanya hadir secara lokal yang berupa fragmen tegakan kecil, karena iklim subtropik adalah iklim dengan musim kering. Di tempat-tempat hutan ombrofil subtropik dapat ditemukan, misalnya Queensland/Australia dan Taiwan, hutan ini biasanya berpautan secara tidak nyata dengan hutan ombrofil tropik. Pohon-pohonnya tumbuh jarang sehingga memungkinkan beberapa perdu tumbuh dalam pertumbuhan bawah. Hutan ombrofil subtropik hendaknya tidak dikacaukan dengan hutan ombrofil pegunungan, yang terdapat di daerah iklim dengan suhu tahunan purata yang sama, tetapi dengan perbedaan suhu kurang nyata antara musim panas dan musim dingin.] Oleh karena itu, ritme musiman lebih nyata di semua hutan subtropik, demikian juga di hutan ombrofil subtropik. Hutan ombrofil subtropik secara fisiognomi lebih terkait erat dengan hutan tropik daripada hutan daerah beriklim sedang. Oleh karena itu, subdivisi lebih sesuai dengan butir 1 a-h.

5. **Hutan mangrove (*Mangrove forests*)**. [Hanya terdapat di daerah pasang surut di zona tropik dan subtropik]. Tersusun hampir seluruhnya oleh pohon-pohon berdaun lebar sklerofil malar hijau dan perdu-perdu dengan akar tunjang atau akar napas. Epifit pada umumnya langka, kecuali lumut kerak pada cabang-cabang dan ganggang menggala (*adnate algae*) pada bagian bawah pohon-pohon. [Subdivisi mungkin; transisi ke 1 g ada].
6. **Hutan ombrofil malar hijau iklim sedang dan subkutub (*Temperate and subpolar evergreen ombrophilous forests*)**. [Terdapat hanya di daerah beriklim ekstrem samudra dan bebas embun beku di belahan bumi selatan, terutama Cile]. Terdiri sebagian besar atas pohon-pohon dan perdu-perdu hemisklerofil malar hijau. Kaya akan talo-epifit dan paku-pakuan menerna berakar di tanah.
  - a. ***Hutan berdaun lebar ombrofil malar hijau iklim sedang (Temperate evergreen ombrophilous broad-leaved forest)***. Beberapa epifit dan liana berpembuluh hadir; tinggi biasanya melebihi 10 m.
    - (1) Tanpa konifer
    - (2) Dengan campuran konifer
  - b. ***Hutan aluvium ombrofil malar hijau iklim sedang (Temperate evergreen ombrophilous alluvial forest)***. Pertumbuhan bawah lebih kaya daripada di a (belum cukup diteliti).
  - c. ***Hutan rawa ombrofil malar hijau iklim sedang (Temperate evergreen ombrophilous swamp forest)***. Mungkin ada, tetapi belum diketahui.
  - d. ***Hutan ombrofil malar hijau subkutub (Subpolar evergreen ombrophilous forest)***. Berlawanan dengan a epifit berpembuluh tidak ada, tinggi kanopi jauh lebih rendah (umumnya kurang dari 10 m).
7. **Hutan berdaun lebar malar hijau musiman iklim sedang (*Temperate evergreen seasonal broad-leaved forests*)**. [Dengan hujan musim panas yang nyata<sup>\*\*\*\*\*</sup>]. Terdiri terutama atas pohon-pohon dan perdu-perdu hemisklerofil malar hijau. Kaya akan pertumbuhan bawah kamefit dan hemikriptofit menerna. Sedikit atau tidak ada epifit dan liana berpembuluh bersambung dengan hutan ombrofil subtropik atau iklim sedang. Barangkali

---

\*\*\*\*\* Terkait hutan "lauraceae" (*lauraceous forests*) Rubel, yang sering dianggap "malar hijau hujan musim dingin" (*winter-rain evergreen*), tetapi pada kenyataannya tidak bertahan dalam iklim kering musim panas. Paling sering terdapat di Asia.



termasuk tipe-tipe subkutub. [Subdivisi serupa dengan 2a-d mungkin dapat dibuat]

- 8. Hutan sklerofil berdaun lebar malar hijau hujan-musim-dingin** (*Winter-rain evergreen broad-leaved sclerophyllous forests*). [Sering diartikan sebagai vegetasi Mediterania, tetapi terdapat pula di Australia barat daya dan Chile dll. Iklim dengan masa kering nyata pada musim panas]. Terdiri terutama atas pohon-pohon dan perdu sklerofil malar hijau, yang kebanyakan dengan pepagan kasar. Terna dalam pertumbuhan bawah hampir tidak ada. Tidak ada epifit berpembuluh, hanya ada beberapa epifit kriptogam, tetapi terdapat beberapa liana berkayu malar hijau.
- a. **Hutan pamah sklerofil malar hijau hujan-musim-dingin** (*Winter-rain evergreen sclerophyllous lowland forest*) [termasuk subpegunungan]. Sebagian besar terkait dengan pertelaan di bawah **8**.
  - b. **Hutan aluvium dan rawa** (*Alluvial and swamp forests*) tipe ini mungkin ada tetapi belum cukup dikenal.
- 9. Hutan konifer malar hijau iklim sedang dan subkutub** (*Temperate and subpolar evergreen coniferous forests*). Terdiri terutama atas pohon-pohon berdaun jarum dan berdaun sisik malar hijau, tetapi dapat dijumpai pula pohon-pohon berdaun lebar. Epifit dan liana berkayu tidak ada.
- a. **Hutan konifer raksasa malar hijau** (*Evergreen giant conifer forest*). Pohon-pohon tinggi lebih dari 50–60 m dominan [misalnya hutan *Sequoia* dan *Pseudotsuga* di Pasifik Barat Amerika Utara].
  - b. **Hutan konifer (bukan raksasa) malar hijau dengan tajuk membundar** (*Evergreen [non-giant] conifer forest with rounded crowns*). Didominasi pohon-pohon tinggi 5–50 m, dengan tajuk membundar tidak teratur [misalnya *Pinus* spp.].
    - (1) Dengan pertumbuhan bawah sklerofil malar hijau (Mediterania)
    - (2) Tanpa pertumbuhan bawah sklerofil malar hijau.
  - c. **Hutan konifer (bukan raksasa) malar hijau dengan tajuk mengerucut** (*Evergreen [non-giant] conifer forest with conical crowns*). Didominasi pohon-pohon tinggi 5–50 m (lebih tinggi hanya pengecualian) dengan tajuk mengerucut [seperti sebagian besar *Picea* dan *Abies*].
  - d. **Hutan konifer (bukan raksasa) dengan tajuk menyilinder malar hijau [boreal]** (*Evergreen [non-giant] conifer forest with cylindrical crowns [boreal]*).

Serupa dengan c, tetapi tajuk dengan cabang-cabang pendek karena itu tajuk sangat ramping menyilinder-mengerucut (*cylindrico-conical*).

- B. **Terutama hutan meranggas** (*Mainly deciduous scrub*). Sebagian besar pohon-pohon menggugurkan daun-daunnya bersama-sama pada musim yang tidak menguntungkan.
1. **Hutan meranggas-kemarau** (*Drought-deciduous forests*) [Tropik dan subtropik]. Musim yang tidak menguntungkan dicirikan oleh kekeringan, umumnya kekeringan musim dingin. Dedaunan digugurkan secara berkala setiap tahun. Sebagian besar pohon-pohon dengan pepagan tebal merekah.
    - a. **Hutan pamah [dan subpegunungan] meranggas-kemarau** (*Drought-deciduous lowland [and submontane] forest*). Praktis tidak ada tumbuhan malar hijau dalam setiap lapisan, kecuali beberapa sukulen. Liana berkayu dan menerna adakalanya hadir, juga pohon botol meranggas. Vegetasi lantai sebagian terna [hemikriptofit, terutama rumput, geofit, dan beberapa terofit], tetapi jarang.
      - (1) Berdaun lebar
      - (2) Mikrofil [termasuk pohon-pohon kacang-kacangan berdaun menyirip]
    - b. **Hutan pegunungan [dan halimun] meranggas-kemarau** (*Drought-deciduous montane [and cloud] forest*). Beberapa jenis malar hijau dalam lapisan bawah. Epifit tahan kekeringan hadir atau melimpah, sering yang berbentuk janggut [misalnya *Usnea* atau *Tillandsia usneoides*]; kanopi seperti di a. Formasi ini tidak sering ditemukan, tetapi berkembang baik, misalnya di Peru utara.

[Tipe-tipe hutan meranggas kekeringan lainnya perlu diperkenalkan]
  2. **Hutan meranggas-dingin dengan campuran pohon-pohon [atau perdu] malar hijau** (*Cold-deciduous forests with evergreen trees [or shrubs] admixed*). Musim yang tidak menguntungkan terutama dicirikan oleh ibun beku musim dingin. Pohon-pohon meranggas dominan, tetapi jenis malar hijau hadir sebagai bagian kanopi utama atau kanopi bawah. Pemanjat dan epifit berpembuluh langka atau tidak ada.
    - a. **Hutan meranggas-dingin dengan pohon-pohon dan pemanjat berdaun lebar malar hijau** (*Cold-deciduous forest with evergreen broad-leaved trees and climbers*) [misalnya *Hedera helix* di Eropa Barat]. Kaya akan epifit kriptogam,

termasuk lumut. Bahkan, epifit berkayu mungkin hadir di pangkal batang pohon.

- b. **Hutan meranggas-dingin dengan kanopi bawah sklerofil berdaun lebar** (*Cold-deciduous forest with broad-leaved sclerophyllous understory*) [misalnya hutan sub-Mediterrania].
  - c. **Hutan meranggas-dingin dengan pohon-pohon berdaun jarum malar hijau** (*Cold-deciduous forest with evergreen needle-leaved trees*). [Pembagian lebih lanjut mungkin dapat dibuat].
3. **Hutan meranggas-dingin tanpa pohon-pohon malar hijau** (*Cold-deciduous forests without evergreen trees*). Pohon-pohon meranggas dominan. Kamefit malar hijau dan beberapa nanofanerofit mungkin hadir. Pemanjat sedikit sekali, epifit berpembuluh tidak ada (kecuali kadang-kadang terdapat pada pangkal bawah pohon); talofit selalu hadir, terutama lumut kerak.
    - a. **Hutan meranggas-dingin pamah dan subpegunungan iklim sedang** (*Temperate lowland and submontane cold-deciduous forest*). Pohon-pohon tinggi sampai 50 m. Epifit terutama ganggang dan lumut kerak.
    - b. **Hutan meranggas-dingin pegunungan atau boreal** (*Montane or boreal cold-deciduous forest*) [Termasuk pamah dan subpegunungan dalam posisi topografi dengan kelembapan udara tinggi]. Lumut kerak memerdu dan berdedaunan (*foliose*) serta lumut sebagai epifit. Pohon-pohon sampai tinggi 50 m, tetapi di hutan pegunungan atau boreal biasanya tidak lebih dari 30 m.
      - (1) Terutama berdaun lebar
      - (2) Sebagian besar konifer meranggas (misalnya *Larix*)
      - (3) Berdaun lebar campuran dan konifer meranggas
    - c. **Hutan meranggas-dingin subalpin atau subkutub** (*Subalpine or subpolar cold-deciduous forest*). Berlawanan dengan a dan b tinggi kanopi jauh lebih rendah [tidak lebih dari 20 m]. Batang pohon sering berbonggol-bonggol. Epifit sama dengan b, tetapi umumnya melimpah. Sering berpautan dengan hutan-terbuka [lihat II].
      - (1) Terutama dengan pertumbuhan bawah hemikriptofit
      - (2) Terutama dengan pertumbuhan bawah kamefit; dapat berpautan dengan hutan bercampur konifer [lihat 2c]

- d. **Hutan aluvium merangas-dingin** (*Cold-deciduous alluvial forest*). [Dibanjiri oleh sungai, karena itu lebih lembap dan kaya akan hara daripada a]. Pohon-pohon dan perdu-perdu dengan laju pertumbuhan tinggi dan pertumbuhan bawah menerna menggegas (*vigourous*).
- (1) Kadang-kadang dibanjiri; secara fisiognomi serupa dengan a, dengan pohon tinggi dan pertumbuhan bawah memerdu makrofil melimpah.
  - (2) Dibanjiri secara teratur; pohon-pohon tidak setinggi dan selebat seperti di a, tetapi pertumbuhan bawah menerna melimpah dan tinggi [di Eropa-Asia *Salix* atau *Alnus* sering kali dominan]
- e. **Hutan rawa atau gambut merangas-dingin** (*Cold-deciduous swamp peat forest*). [Dibanjiri sampai akhir musim semi atau awal musim panas, tanah organik di permukaan] jenis pohon relatif miskin . Penutup lantai hutan menerus.  
[Subdivisi seperti b].
- C. **Hutan sangat xeromorf** (*Extremely xeromorphic forests*). Tegakan lebat fanerofit xeromorf, seperti pohon botol, pohon-pohon merumpun dengan daun dan batang sukulen. Pertumbuhan bawah dengan perdu-perdu xeromorf, kamefit sukulen dan hemikriptofit, geofit dan terofit menerna. Sering berpautan dengan hutan-terbuka [lihat II].
1. **Hutan sangat xeromorf didominasi sklerofil** (*Sclerophyllous-dominated extremely xeromorphic forests*). Kombinasi bentuk-hidup seperti di atas, kecuali pohon-pohon sklerofil yang dominan, yang banyak di antaranya mempunyai pangkal batang membengkak yang terpendam di dalam tanah (xilopod).  
[Subdivisi dapat dibuat, tetapi belum cukup diteliti]
  2. **Hutan duri** (*Thorn forest*). Didominasi jenis yang bagian-bagian tubuhnya berduri.
    - a. **Hutan duri malar hijau merangas campuran** (*Mixed deciduous-evergreen thorn forest*). Banyak yang berpautan dengan 1.
    - b. **Hutan duri merangas murni** (*Purely deciduous thorn forest*). Bentuk yang paling umum.

3. **Terutama hutan sukulen** (*Mainly succulent forests*). Sangat sering pohon-pohon [skapos] dan perdu-perdu [sespitos] sukulen, tetapi xerofanerofit hadir juga.
- II. HUTAN-TERBUKA** (*WOODLANDS*). [Tegakan terbuka pohon-pohon]. Terbentuk oleh pohon-pohon dengan tinggi paling tidak 5 m, dengan tajuk-tajuk yang tidak bersentuhan satu sama lain, tetapi menutup paling tidak 30% permukaan; penutup rumput kadang-kadang hadir. Kelas formasi ini tidak mencakup savana atau lahan taman (*parklands*).
- A. Terutama hutan-terbuka malar hijau** (*Mainly evergreen woodlands*). Malar hijau seperti didefinisikan dalam **IA**.
1. **Hutan-terbuka berdaun lebar malar hijau** (*Evergreen broad-leaved woodlands*). Terutama pohon-pohon dan perdu-perdu slerofil, tidak ada epifit.  
[Subdivisi untuk variasi pertumbuhan bawah dapat dibuat]
  2. **Hutan-terbuka berdaun jarum malar hijau** (*Evergreen needle-leaved woodlands*). Sebagian besar berdaun jarum atau berdaun sisik. Banyak pohon-pohon dengan tajuk mencapai pangkal batang atau paling tidak banyak bercabang-cabang.
    - a. **Hutan-terbuka konifer malar hijau dengan tajuk membundar** (*Evergreen coniferous woodlands with rounded crowns*) [misalnya *Pinus*]
      - (1) Dengan tumbuhan bawah sklerofil malar hijau [Mediterrania]
      - (2) Tanpa tumbuhan bawah sklerofil malar hijau [Mediterrania]
    - b. **Hutan-terbuka konifer malar hijau dengan tajuk mengerucut dominan** (*Evergreen coniferous woodland with conical crown prevailing*) (kebanyakan subalpin)
    - c. **Hutan-terbuka konifer malar hijau dengan tajuk menyilinder-mengerucut sangat sempit** (*Evergreen coniferous woodland with very narrow cylindric-conical crowns*) [misalnya *Picea* di kawasan boreal]  
[Subdivisi lebih lanjut menurut variasi pertumbuhan bawah dan kehadiran epifit dapat dibuat]
- B. Terutama hutan-terbuka meranggas** (*Mainly deciduous woodlands*) [lihat **IB**]
1. **Hutan-terbuka meranggas-kemarau** (*Drought-deciduous woodlands*)  
[Subdivisi lebih-kurang seperti hutan]

2. **Hutan-terbuka meranggas-dingin dengan pohon-pohon malar hijau** (*Cold-deciduous woodlands with evergreen trees*) [lihat **IB2**]
  3. **Hutan-terbuka meranggas-dingin** (*Cold-deciduous woodlands*) [lihat **IB3**; paling sering terdapat di kawasan subkutub utara, di tempat-tempat lain hanya di rawa-rawa]. Tanpa pohon malar hijau.
    - a. **Hutan-terbuka meranggas berdaun lebar** (*Broad-leaved deciduous woodland*)
    - b. **Hutan-terbuka meranggas berdaun jarum** (*Needle-leaved deciduous woodland*)
    - c. **Hutan-terbuka meranggas campuran** (*Mixed deciduous woodland*) [berdaun lebar dan berdaun jarum]
- C. Hutan-terbuka sangat xeromorf** (*Extremely xeromorphic woodlands*). Sama dengan **IC**, hanya berbeda dalam kehadiran pohon-pohon yang lebih jarang. [Subdivisi seperti dalam **IC**]

**III. SEMAK (SCRUB)**. [Lahan-perdu atau rumpun (*Shrublands or thickets*)]. Sebagian besar terdiri atas fanerofit berkayu sespitos tinggi 0,5- 5m \*\*\*\*\*. Subdivisi dapat salah satu dari yang berikut:

Lahan-perdu = Sebagian besar individu-individu perdu tidak saling bersentuhan, sering bersama dengan lapisan rumput.  
rumpun = individu-individu perdu berpautan

- A. Terutama semak malar hijau** (*Mainly evergreen scrub*). [Malar hijau dalam pengertian **IA**]
  1. **Lahan-perdu berdaun lebar malar hijau** (*Evergreen broad-leaved shrublands*). [Atau rumpun]
    - a. **Semak bambu rendah** (*Low bamboo thicket*) [atau kadang-kadang lahan-perdu]. Nanofanerofit atau mikrofanerofit seperti rumput mengayu merayap.
    - b. **Lahan-perdu (atau rumpun) pohon merumpun malar hijau** (*Evergreen tuft tree shrubland [or thicket]*). Terdiri atas pohon-pohon kecil dan perdu-

---

\*\*\*\*\* Jangan dikacaukan dengan hutan sekunder yang sedang berkembang, lihat catatan kaki terkait I. Kadang-kadang perdu dapat mencapai tinggi lebih dari 5 m.

perdu berkayu (misalnya semak palem katai Mediterania atau semak paku pohon Hawaii).

- c. **Semak hemi-sklerofil berdaun lebar malar hijau** (*Evergreen broad-leaved hemi-sclerophyllous thicket*). Nanofanerofit atau mikrofanerofit sempit, merayap atau menumpang dengan daun-daun relatif besar dan lembek [misalnya rumpun *Rhododendron* subalpin, atau rumpun kusut *Hibiscus tiliaceus* di Hawaii]. [Subdivisi dapat dibuat].
  - d. **Lahan-perdu [atau semak] sklerofil berdaun-lebar malar hijau** (*Evergreen broad-leaved sclerophyllous shrubland [or thicket]*). Perdu-perdu sklerofil berdaun lebar dan pohon-pohon muda dominan [misalnya *chapparral* atau *macchia*]. Dapat berpaut dengan lahan-taman (*parkland*), padang rumput atau kerangas.
  - e. **Semak memerdu malar hijau [atau lahan-perdu]** (*Evergreen suffruticose thicket [or shrubland]*). Tegakan nanofanerofit semi-mengayu yang pada musim kering menggugurkan sebagian dari sistem pucuknya [misalnya kerangas *Cistus*].\*\*\*\*\* [Unit-unit tambahan dapat dibedakan].
2. **Lahan-perdu berdaun jarum dan mikrofil malar hijau** (*Evergreen needle-leaved and microphyllous shrublands*) [atau rumpun].
    - a. **Rumpun [atau lahan-perdu] berdaun jarum malar hijau** (*Evergreen needle-leaved thicket [or shrubland]*). Sebagian besar terdiri atas fanerofit berdaun jarum merayap atau menumpang (misalnya *Pinus montana*, "krummbolz").
    - b. **Lahan-perdu [atau rumpun] mikrofil malar hijau** (*Evergreen microphyllous shrubland [or thicket]*). Sering perdu-perdu menyerupai *Ericaceae* [sebagian besar di sabuk subalpin tropik][Subdivisi lebih lanjut dapat dibuat].

**B. Terutama semak meranggas** (*Mainly deciduous scrub*). [Meranggas dalam pengertian **IB**]

1.-3. [Subdivisi serupa dengan **IIB1.-3.**]

4. **Lahan-perdu meranggas-dingin** (*Cold-deciduous shrublands*) [atau semak]

- a. **Semak (atau lahan-perdu) meranggas iklim sedang** (*Temperate deciduous thicket [or shrubland]*). Semak lebat dengan atau tanpa sedikit pertumbuhan menerna. Miskin akan kriptogam.

---

\*\*\*\*\* Adakalanya tinggi kurang dari 5 m, oleh karena itu kategori IV Aia

- b. ***Semak [atau lahan-perdu] meranggas subalpin atau subkutub*** (*Subalpine or subpolar deciduous thicket [or shrubland]*). Nanofit tegak atau sespitos menumpang dengan kapasitas permudaan vegetatif. Biasanya tertutup penuh oleh salju paling tidak selama setengah tahun.
    - (1) Dengan pertumbuhan bawah terutama hemikriptofit, sebagian besar terna bukan rumput (misalnya semak *Alnus viridis* alpin)
    - (2) Dengan pertumbuhan bawah terutama kamefit, sebagian besar perdu-katai dan lumut kerak memerdu [misalnya lahan perdu *Betula tortuosa* di batas pohon kutub (*polar tree line*)].
  - c. ***Lahan-perdu [atau semak] aluvium meranggas*** (*Deciduous alluvial shrubland [or thicket]*). Perdu-perdu cepat tumbuh, terdapat sebagai pionir di tepian sungai atau pulau-pulau yang dilanda banjir dahsyat, oleh karena itu sebagian besar dengan pertumbuhan bawah yang jarang sekali.
    - (1) Dengan daun lanset [misalnya *Salix* sebagian besar di kawasan pamah atau subpegunungan]
    - (2) Mikrofil [misalnya *Tamarix*]
  - d. ***Lahan-perdu [atau semak] gambut meranggas*** (*Deciduous peat shrubland [or thicket]*). Nanofanerofit sespitos tegak dengan *Sphagnum* dan/atau lumut gambut lain.] [Subdivisi dapat dibuat]
- C. Lahan-perdu sangat xeromorf [subgurun]** (*Extremely xeromorphic [subdesert] shrublands*). Tegakan-tegakan perdu sangat terbuka dengan berbagai adaptasi xerofit, seperti daun yang sangat skleromorf atau sangat tereduksi, cabang hijau tanpa daun, atau batang sukulen, misalnya beberapa dengan duri.
- 1. **Terutama lahan-perdu subgurun malar hijau** (*Mainly evergreen subdesert shrublands*). Pada tahun-tahun yang sangat kering beberapa bagian daun dan pucuk digugurkan.
    - a. ***Lahan-perdu subkutub malar hijau [sejati]*** (*[Truly] evergreen subdesert shrubland*)
      - (1) Berdaun lebar, didominasi oleh nanofanerofit sklerofil, termasuk beberapa perdu filokladi [misalnya semak *mulga* di Australia]
      - (2) Mikrofil atau tidak berdaun, tetapi dengan batang hijau [misalnya *Retama retam*]



- (3) Sukulen, didominasi oleh batang-batang bercabang-cabang dan sukulen daun
- b. **Lahan-perdu subgurun semi-meranggas** (*Semi-deciduous subdesert shrubland*) Baik perdu-perdu secara fakultatif meranggas maupun kombinasi perdu-perdu malar hijau dan meranggas.
- (1) Meranggas fakultatif [misalnya “semak-garam” (*saltbush*) *Atriplex-Kochia* di Australia
- (2) Campuran malar hijau dan meranggas, transisi ke 2.
2. **Lahan-perdu subgurun meranggas** (*Deciduous subdesert shrublands*). Sebagian besar perdu-perdu meranggas, sering dengan beberapa perdu malar hijau.
- a. **Lahan-perdu subgurun meranggas tanpa sukulen** (*Deciduous subdesert shrublands without succulents*).
- b. **Lahan-perdu subgurun meranggas dengan sukulen** (*Deciduous subdesert shrublands with succulents*)

**IV. SEMAK-KATAI DAN KOMUNITAS TERKAIT** (*DWARF-SCRUB AND RELATED COMMUNITIES*), tinggi jarang lebih dari 50 cm [kadang-kadang disebut kerangas atau formasi seperti kerangas]. Menurut kerapatan penutup, perdu-katai dapat dibedakan:

**semak perdu-katai** (*dwarf-shrub thicket*) = cabang-cabang berpautan satu sama lain

**lahan perdu-katai** (*dwarf-shrubland*) = individu-individu perdu-katai lebih kurang terisolasi atau dalam rumpun

**formasi kriptogam dengan perdu-katai** (*cryptogamic formation with dwarf-shrubs*) = [talokamefit]; perdu-katai terdapat dalam rumpun atau secara individu; pada habitat rawa, komunitas tumbuhan seperti rumput (*graminoid communities*) yang secara lokal dominan dapat dimasukkan

- A. Terutama semak-katai malar hijau** (*Mainly evergreen dwarf-scrub*). Sebagian besar perdu-katai malar hijau.
1. **Semak perdu-katai malar hijau** (*Evergreen dwarf-shrub thickets*). Penutup perdu-katai tertutup rapat, dominan dalam lanskap [“kerangas perdu-katai” dalam pengertian yang tepat].
    - a. **Semak perdu-katai sespitos malar hijau** (*Evergreen caespitose dwarf-shrub thickets*). Sebagian besar cabang berdiri tegak, sering ditumbuhi lumut kerak berdedaunan. Pada permukaan tanah lumut membantal, lumut kerak memerdu atau pucuk-pucuk hidup menerna (misalnya kerangas *Cistus*).
    - b. **Semak perdu-katai mengusut atau merayap malar hijau** (*Evergreen creeping or matted dwarf-shrub thickets*). Sebagian besar cabang merayap di atas permukaan tanah. Banyak bercampur dengan talokamefit dan cabang-cabang mungkin tenggelam di antaranya (misalnya kerangas *Loiseleuria*) [Subdivisi lebih lanjut dapat dibuat].
  2. **Lahan-perdu katai malar hijau** (*Evergreen dwarf-shrublands*). Penutup perdu-katai terbuka atau longgar.
    - a. **Bantal lahan-perdu malar hijau** (*Evergreen cushion shrublands*). Rumpun-rumpun perdu-katai yang terisolasi membentuk bantal padat, sering dilengkapi dengan duri (misalnya kerangas “landak” (“porcupine” heath) *Astragalus* dan *Acantholimon* di pegunungan Mediterania).
    - b. **Mozaik perdu-katai malar hijau** (*Evergreen mosaic dwarf-shrublands*). Koloni atau rumpun-rumpun perdu-katai diselingi oleh bentuk-hidup lain, tanah terbuka atau batuan (misalnya kerangas rawa *Erica tetralix*). Transisi ke **D** dan **E** mungkin terjadi.
  3. **Formasi semak-katai menerna malar hijau** (*Mixed evergreen dwarf-scrub and herbaceous formations*). Tegakan terbuka malar hijau kamefit menerna atau memerdu, berbagai hemikriptofit, dan geofit.
    - a. **Formasi semak-katai dan terna campuran sejati malar hijau** (*Truly evergreen dwarf-scrub and herb mixed formation*), [misalnya kerangas *Nardus-Calluna*].
    - b. **Formasi semak-katai dan terna campuran sebagian malar hijau** (*Partially evergreen dwarf-scrub and herb mixed formation*). Banyak individu yang menggugurkan sebagian pucuk-pucuknya selama musim kering [misalnya *Phrygana* di Yunani].

- B. Terutama semak-katai meranggas** (*Mainly deciduous dwarf-scrub*). Serupa dengan A, sebagian besar terdiri atas jenis meranggas.
1. **Semak-katai meranggas fakultatif pada musim kemarau** (*Facultatively drought deciduous dwarf-thickets*). [Atau lahan-perdu katai]. Dedaunan gugur hanya pada tahun-tahun luar biasa kering.
  2. **Semak-katai meranggas [obligat] pada musim kemarau** (*[Obligatory] drought deciduous dwarf-thickets*). [Atau lahan-perdu katai]. Tegakan semak-katai rapat dan tertutup yang menggugurkan semua atau sebagian daunnya pada musim kering.
    - a. **Semak-katai sespitos meranggas-kemarau** (*Drought-deciduous caespitose dwarf-thicket*). Dapat disamakan dengan **A1a**.
    - b. **Semak-katai merayap atau mengusut meranggas-kemarau** (*Drought-deciduous creeping or matted dwarf-thicket*). Dapat disamakan dengan **A1b**.
    - c. **Semak-katai membantal meranggas-kemarau** (*Drought-deciduous cushion dwarf-thicket*). Dapat disamakan dengan **A2a**.
    - d. **Lahan-perdu katai mozaik [atau campuran] meranggas-kemarau** (*Drought-deciduous mosaic [or mixed] dwarf-shrubland*). Perdu-katai, hemikriptofit sespitos, kamefit sukulen, serta bentuk-hidup lain yang bercampur dalam berbagai pola meranggas dan malar hijau.
  3. **Semak katai campuran meranggas-dingin dan malar hijau** (*Mixed cold-deciduous and evergreen dwarf-thickets*). [Atau lahan-perdu katai] [Subdivisi serupa dengan 2].
  4. **Semak-katai meranggas-dingin** (*Cold-deciduous dwarf-thickets*). [Atau lahan-perdu katai]. Secara fisiognomi serupa dengan 2, tetapi menggugurkan daun pada permulaan musim dingin. Biasanya kamefit kriptogam lebih kaya. Subdivisi serupa dengan 2. Transisi ke **D** dan **E** dapat terjadi. Dalam **A** dan **B**, subdivisi lebih lanjut dapat dibuat, misalnya subdivisi berdasarkan pola sebaran dan tinggi fanerofit berkayu dalam matriks semak-katai, serupa dengan **VA**].
- C. Lahan-perdu katai sangat xeromorf** (*Extremely xeromorphic dwarf-shrublands*). Lebih kurang formasi terbuka yang terdiri atas perdu-katai, geofit, terofit, dan bentuk-hidup lain yang beradaptasi untuk hidup atau untuk menghindari musim kering panjang. Sebagian besar menyerupai subgurun.

[Subdivisi serupa dengan IIIC].

- D. Tundra lumut, lumut-kerak, dan perdu katai** (*Moss, lichen, and dwarf shrub tundras*). Formasi rendah dan tumbuh lambat, terdiri sebagian besar atas perdu-katai dan kriptogam, di luar garis pohon subkutub. [Kecuali di daerah boreal, formasi perdu-katai di atas garis pohon di pegunungan hendaknya tidak disebut tundra, karena kandungan perdu-katai dan rumput formasi tersebut umumnya lebih kaya, dan tumbuh lebih tinggi pada garis lintang yang lebih rendah karena radiasi lebih besar]. Sering kali menunjukkan pola tumbuhan yang disebabkan oleh pergerakan tanah membeku (*cryoturbation*).
1. **Kebanyakan tundra lumut** (*Mainly bryophyte tundras*). Hamparan atau bantal lumut kamefit dominan. Kelompok perdu-katai pada umumnya tersebar tidak teratur dan tidak rapat. Penampakan secara umum lebih kurang hijau tua, hijau zaitun, atau kecokelatan.
    - a. **Tundra lumut – semak-katai sespitos** (*Caespitose dwarf-scrub—moss tundra*)
    - b. **Tundra lumut – semak-katai merayap atau mengusut** (*Creeping or matted dwarf-scrub—moss tundra*)
  2. **Sebagian besar tundra lumut-kerak** (*Mainly lichen tundra*). Hamparan lumut-kerak memerdu dominan, membuat formasi tampak menyolok kelabu. Perdu-katai sebagian besar malar hijau, merayap, atau membantal.
    - a. **Tundra semak-katai – lumut-kerak** (*Dwarf-scrub – lichen tundra*)  
[Tipe tundra lain yang kaya akan kamefit dapat dibedakan]
- E. Formasi rawa berlumut dengan perdu-katai** (*Mossy bog formations with dwarf shrubs*). Akumulasi gambut oligotrof, yang terbentuk terutama oleh lumut *Sphagnum* atau lumut lain, umumnya menutup permukaan. Perdu-katai terpusat di tempat-tempat yang relatif lebih kering atau tersebar jarang. Sampai batas tertentu formasi ini menyerupai formasi semak-katai pada tanah mineral. Hemikriptofit menyerupai rumput, geofit dengan rimpang, dan bentuk-hidup menerna secara lokal dominan. Pohon-pohon dan perdu-perdu yang tumbuh lambat terdapat sebagai individu-individu terisolasi, dalam kelompok atau dalam hutan-terbuka, yang di rawa tumbuh marginal, atau dapat pula diganti oleh oleh formasi-formasi terbuka yang

merupakan bagian dari siklus suksesi. Subdivisi berikut dapat disamakan dengan klasifikasi tipe-tipe rawa yang diterapkan di Eropa.

1. **Rawa gambut terangkat** (*Raised bogs*). Dengan pertumbuhan jenis *Sphagnum* gambut terangkat di atas permukaan air tanah secara umum dan mempunyai permukaan air tanah tersendiri. Oleh karena itu, tidak ada pemasukan air “mineral” [yaitu air yang bersentuhan dengan tanah anorganik], tetapi hanya pemasukan dari air hujan (rawa gambut ombrotrof [*ombrotrophic bogs*] sejati).
  - a. **Rawa gambut terangkat yang tipikal** (*Typical raised bog*) [suboseanik, pamah dan subpegunungan]. Seluruhnya didominasi lumut, kecuali di bukit-bukit kecil kering yang meninggi secara lokal, yang didominasi oleh perdu-katai. Pohon langka dan bila hadir terkumpul pada pinggir, lereng tumpukan gambut cembung. Sebagian besar dikelilingi oleh rawa teki sangat basah tetapi kurang oligotrof [di Sweden disebut “*lagg*”, lihat **VD**].
  - b. **Rawa gambut terangkat pegunungan** [atau “*subalpin*”] (*Montane [or “subalpine”] raised bog*). Tumbuh lebih lambat daripada rawa gambut terangkat yang tipikal [atau terbentuk pada periode yang lebih awal dengan iklim yang lebih hangat dan sebenarnya sudah “mati” atau dirusak erosi]. Sering kali tertutup teki atau perdu-katai. Mikrofanerofit atau nanofanerofit [misalnya *Pinus montana*] dominan secara lokal.
  - c. **Hutan-terbuka rawa gambut subkontinental** (*Subcontinental woodland bog*). Tertutup sementara oleh hutan-terbuka dengan produktivitas rendah, yang dalam tahun-tahun basah berikutnya mungkin diganti oleh formasi *Sphagnum* serupa dengan a.
2. **Rawa gambut tidak terangkat** (*Nonraised bogs*). Tidak atau hanya sedikit terangkat di atas permukaan air tanah lanskap sekitarnya. Oleh karena itu, pada umumnya lebih basah dan tidak seoligotrof seperti **1**. Lumut lebih miskin daripada **1a**, dan berbagai bentuk transisi dimungkinkan.
  - a. **Rawa gambut selimut** (*Blanket bog*) [pamah oseanik, subpegunungan, atau pegunungan]. Permukaan mikro rawa gambut tidak terlalu bergelombang dan pertumbuhan lumut tidak seaktif seperti di **1a**. Perdu-katai malar hijau tersebar, demikian juga hemikriptofit sespitos [teki atau rumput] dan beberapa geofit berimpang.
  - b. **Rawa gambut lajur** [rawa gambut “*aapa*” dalam bahasa Finland] (*String bog [Finnish “aapa” bog]*). Rawa gambut oligotrof datar dengan

lajur di lahan rendah boreal. Nama Findland mengacu kepada sebuah rawa gambut terbuka tanpa atau dengan hanya sedikit pohon yang hidupnya tidak gegas, yang tumbuh pada bentang tanah kering memanjang dan sempit, yang disebut lajur. Lajur-lajur gambut ini terbentuk oleh tekanan es yang menutup rawa yang dibanjiri dari awal musim gugur sampai akhir musim semi. Hanya lajur-lajur ini yang tertutup perdu-katai dan kaya akan *Sphagnum*. Bagian utama dari rawa gambut ini serupa dengan rawa teki. [Subdivisi a dan b dimungkinkan].

V. **KOMUNITAS MENERNA TERESTRIAL** (*TERRESTRIAL HERBACEOUS COMMUNITIES*). Penutup didominasi oleh rerumputan, terna menyerupai rumput dan terna lain, namun tumbuhan berkayu mungkin hadir tapi jarang [yaitu menutup tidak lebih dari 30%].

A. **Savana dan padang rumput terkait** (*Savannas and related grasslands*) [padang rumput tropik dan subtropik serta lahan taman (*parkland*)]. Pohon dan perdu selalu hadir, sering dengan bercak-bercak bekas terbakar [kebakaran sering terjadi pada musim kering].

1. **Savana rumput-tinggi** (*Tall-grass savannas*). Didominasi tumbuhan berdaun lebar dan rumput tinggi [dapat disamakan dengan yang pada kondisi relatif lembap di daerah tropik dan subtropik]. Rumput-rumput hemikriptofit sespitos paling sering terdapat dan menguning pada musim kering. Umumnya tanpa kriptofit. Subdivisi dapat dibuat menurut pola sebaran dan tinggi fanerofit berkayu dalam matriks rumput. \*\*\*\*\*

a. **Hutan-terbuka dengan tompok-tompok savana rumput tinggi** [*savana hutan-terbuka*] (*Woodland with patches of tall-grass savanna [woodland savanna]*). Kelompok-kelompok pohon dan pohon-pohon terisolasi yang diselingi oleh tompok-tompok padang rumput.

[Subdivisi menurut formasi hutan-terbuka, lihat II].

b. **Savana rumput tinggi dengan pohon-pohon terisolasi** [savana pohon] (*Tall-grass savanna with isolated trees [tree savanna]*). Pohon-pohon terisolasi terpencair hampir teratur dalam matriks rumput.

(1) Dengan pohon-pohon berdaun lebar malar hijau

(2) Dengan palem

---

\*\*\*\*\* Berbagai studi menunjukkan bahwa pola-pola ini sebagian besar terkait dengan pengaruh manusia, kecuali dalam kasus savana banjir (*flood savanna*). Savana dapat membentuk mozaik baik dengan hutan, hutan-terbuka atau semak, sering kali dengan gejala bekas kebakaran.

- (3) Dengan pohon-pohon meranggas
- (4) Dengan pohon-pohon sangat xeromorf atau sukulen
- c. **Savana rumput-tinggi dengan perdu [savana semak]** (*Tall grass savanna with shrubs [scrub savanna]*). Tegakan-tegakan perdu berselang-seling dalam berbagai pola dengan padang rumput.  
[Subdivisi serupa dengan b].
- d. **Savana rumput-tinggi [savana rumput]** (*Tall grass savanna [grass savanna]*). Praktis tanpa fanerofit mengayu, pada umumnya disebabkan oleh pengaruh manusia. Biasanya disebut *tropical grasslands*, tetapi penutup rumput secara fisiognomi identik dengan unit-unit tersebut di atas.
- e. **Savana banjir (Flood savana)**. Digenangi secara berkala dalam berbagai pola mozaik, dengan palem atau kelompok-kelompok pohon lain pada tempat-tempat terangkat di atas air.
  - (1) Dengan pohon
  - (2) Dengan semak
  - (3) Tanpa tumbuhan berkayu
- 2. **Savana rumput-pendek (Short-grass savanna)**. Didominasi oleh tumbuhan berdaun-sempit dan rumput pendek [menunjukkan kondisi relatif lebih kering]. Selain rumput-rumput perenial, tumbuhan semusim lebih sering terdapat daripada di 1, di beberapa tempat bahkan dominan.  
[Subdivisi berdasarkan pola yang dibentuk tumbuhan berkayu].
  - a. **Savana rumput-pendek dengan pohon-pohon terisolasi** (*Short-grass savanna with isolated trees*).
    - (1) Dengan pohon-pohon malar hijau
    - (2) Dengan pohon-pohon meranggas
    - (3) Dengan pohon-pohon xeromorf, kecuali sukulen
    - (4) Dengan pohon-pohon sukulen
  - b. **Savana rumput pendek dengan perdu** (*Short-grass savanna with shrubs*)  
[Subdivisi seperti di a].
  - c. **Savana rumput-pendek** [savana rumput] (*Short-grass savanna [grass savanna]*). Tanpa pohon atau perdu [misalnya padang rumput pegunungan tropik. Seperti padang rumput “puna” di pegunungan Andes].
- B. **Stepa dan padang rumput terkait** (*Steppes and related grasslands*) misalnya prairie (*prairie*) di Amerika Utara, iklim sedang, dengan kekeringan akhir

musim panas dan ibun beku musim dingin]. Biasanya pohon dan perdu tidak ada, kecuali di tempat-tempat lebih basah, \*\*\*\*\* misalnya sepanjang sungai, di jurang dan di ekoton perbatasan hutan. Perubahan musiman aspek floristik-fisiognomi sangat nyata. Pada musim semi terofit dan geofit sangat menonjol, kemudian hemikriptofit dominan.

1. **Stepa rumput tinggi** (*Tall-grass steppes*). [Atau prairi]. Rumput-rumput sespitose lebih tinggi dari 1 m dominan [menunjukkan iklim yang lebih lembap]
    - a. **Stepa rumput-tinggi dengan pohon-pohon** (*Tall-grass steppe with trees*).
    - b. **Stepa rumput-tinggi dengan perdu** (*Tall-grass steppe with shrubs*).
    - c. **Stepa rumput-tinggi tanpa tumbuhan berkayu** (*Tall-grass steppe without woody plants*).
  2. **Stepa rumput-medium** (*Mid-grass steppes*). [Atau prairi]. Pertengahan antara 1 dan 3. Rumput-rumput berukuran medium secara lokal sering terdapat. [Subdivisi seperti di 1]
  3. **Stepa rumput-pendek** (*Short-grass steppe*). Sebagian besar terdiri atas keset rumput pendek  
[Subdivisi a–c seperti dalam 1]
    - a. **Stepa rumput pendek dengan tumbuhan memerdu** (*Short-grass steppe with suffrutescent plants*)
  4. **Stepa kaya dengan terna bukan-rumput** (*Forb-rich steppes*). Sering ditemukan terna bukan-rumput berdaun lebar, sebagian besar hemikriptofit [dalam iklim transisi ke iklim hutan, misalnya di Rusia.] Stepa ara-ara (*meadow steppes*) ini menyerupai ara-ara di bawah C.  
[Subdivisi seperti dalam 1.]
- C. **Ara-ara, padang penggembalaan atau padang rumput terkait** (*Meadows, pastures or related grasslands*). [Padang rumput iklim sedang atau subkutub dalam sebuah iklim hutan tanpa musim kering nyata.] Biasanya hemikriptofit

---

\*\*\*\*\* Hanya dalam stepa antropogenik, pohon atau perdu dan steпа-padang rumput dapat ditemukan pada habitat fisik yang sama.



mesofitik dominan. Di bawah tutupan salju banyak tumbuhan tetap hijau paling tidak selama sebagian dari musim dingin.

1. **Ara-ara dan padang penggembalaan di bawah garis pohon** (*Meadows and pastures below tree line*). Formasi antropozoogenik dalam sabuk iklim hutan [kecuali padang rumput longsor (*avalanche grassland*)]. Sebagai akibat dari berbagai pengelolaan dapat dibedakan:

ara-ara (*meadow*) = padang rumput digunakan terutama untuk produksi jerami (*hay*), ritme pertumbuhan dan aspek sebagian besar ditentukan oleh frekuensi pemotongan rumput dalam setahun.

padang penggembalaan

(*pasture*) = padang rumput digunakan terutama untuk penggembalaan; tidak ada aspek musiman nyata; karena penggembalaan selektif hewan menghasilkan mozaik skala kecil kelompok tumbuhan tinggi dan pendek.

Subdivisi berikut dibuat berdasarkan pola sebaran fanerofit berkayu:

- a. **Padang penggembalaan hutan-terbuka** (*Woodland pasture*). Hutan menjadi terbuka karena penggembalaan, terdiri atas kelompok-kelompok pohon terisolasi secara tidak teratur.
- b. **Ara-ara pohon** (*Tree meadow*) [atau padang penggembalaan]. Padang rumput dengan pohon-pohon terisolasi.
- c. **Padang penggembalaan semak** (*Scrub pasture*) [atau ara-ara]. Kelompok-kelompok perdu dalam padang rumput.
- d. **Padang penggembalaan berumput** (*Grassy pasture*) tanpa pohon atau perdu. Sering kali ternak merumput. Tinggi rumput, polong-polongan dan terna nir-rumput lain bervariasi menurut daerah dan pengelolaan.
  - (1) Penggembalaan ekstensif [Bahasa Jerman: “*Triftweide*”; tidak dipupuk]; tumbuhan keras, berduri, atau tumbuhan yang tidak dimakan hewan [“gulma penggembalaan” (*grazing weeds*)] adalah yang paling sering ditemukan.
  - (2) Penggembalaan intensif (Bahasa Jerman: “*Standweide*” atau “*Untriebsweide*”, dipupuk); dipertahankan dalam keadaan pendek

dengan pemangkasan, membentuk permadani rumput rapat; tumbuhan pakan lembek dominan; “gulma penggembalaan” biasanya langka.

- e. **Ara-ara berumput** (*Grassy meadow*) tanpa pohon atau perdu. Dipangkas dan hanya kadang-kadang ternak digembala. Rumput sespitose tinggi, sebagian besar terna skapos tinggi dominan.
- (1) Ara-ara serasah (*Litter meadow*) [Bahasa Jerman: “*Streuwiese*”, dipangkas untuk memperoleh jerami untuk bantal hewan dalam kandang; umumnya tidak dipupuk dan dipangkas hanya pada musim gugur, setelah pucuk-pucuk kering]; sebagai akibatnya rumput-rumput merumpun perlahan-lahan berkembang dan menjadi dominan.
  - (2) Ara-ara jerami kering (*Hay meadow*) [Bahasa Jerman: “*Futterwiese*”, umumnya dipupuk; dipangkas untuk memperoleh jerami untuk dijadikan pakan hewan]; berkembang cepat pada awal musim tumbuh, oleh karena itu kaya akan rumput dan terna malakofil, dipangkas beberapa kali setiap tahun; pengelolaan demikian menghasilkan perubahan nyata dalam penampilan.
- (a) Miskin akan geofit musim semi (*Poor in spring geophytes*) [pamah atau subpegunungan].
- (b) Kaya akan geofit musim semi (*Rich in spring geophytes*) [pegunungan atau subalpin]; tutupan salju menghilang pada akhir musim semi dan mencegah rumput tumbuh lebih awal daripada geofit [misalnya *Crocus* atau *Narcissus*].
- f. **Ara-ara teki-gelagah** (*Sedge-rush meadow*). Terna menyerupai rumput sklerofil dominan menunjukkan tanah secara berkala tergenang air [transisi ke D].
- g. **Padang rumput salju longsor** (*Avalanche grassland*). [Satu-satunya ara-ara yang bukan hasil kegiatan manusia. Terdapat sebagai lajur sempit padang rumput antara hutan pada lereng terjal di pegunungan, di mana salju longsor terjadi setiap tahun pada musim semi dan mencegah pembentukan hutan]. Komposisi tutupan terna serupa dengan d (1), tetapi sangat bervariasi. Variasi utama:
- (1) Dengan perdu atau pohon rusak
  - (2) Tanpa perdu
2. **Padang penggembalaan dan ara-ara di atas garis pohon pegunungan** (*Pasture and meadows above mountain tree line*). [Atau di luar garis pohon

di belahan utara bumi]. Hanya kadang-kadang dengan perdu atau pohon berbonggol. Tertutup salju lebih dari 6 bulan setiap tahun.

- a. **Keset alpin [atau subkutub] tertutup** (*Closed alpine [or subpolar] mat*). Tanpa penutup salju paling tidak 4-5 bulan.
  - (1) Kaya akan tumbuhan seperti rumput
  - (2) Kaya akan terna non-rumput
  - (3) Dengan perdu-katai
- b. **Tompok-keset alpin [atau subsalju]** (*Alpine [or subnivean] mat-patches*). Formasi terbuka, menutup tanah tidak merata.

[Subdivisi serupa dengan a.)
- c. **Formasi alas salju** (*Snow bed formation*). [Tertutup salju lebih dari 8-9 bulan dalam setiap tahun; tergenang air lelehan salju.] Formasi terbuka, kaya akan terna kecil non-rumput atau perdu-katai menyerupai terna non-rumput [misalnya *Salix herbacea*].

[Subdivisi dapat dibuat]

**D. Rawa teki dan vegetasi rembesan** (*Sedge swamps and flush*). Formasi terbuka pada tanah yang selalu atau hampir selalu tergenang, tanpa atau dengan sedikit tumbuhan berkayu.

1. **Rawa gambut teki dan rawa serupa** (*Sedge peat swamps and similar swamps*). Teki-tekiian [yaitu hemikriptofit seperti rumput atau geofit] dibanjiri secara musiman.
  - a. **Rawa teki-tinggi** (*Tall-sedge swamp*). [Sering dibanjiri, dan biasanya untuk waktu yang lama; umumnya alami]. Dedaunan lebih tinggi dari 30-40 cm, seluruhnya didominasi teki; hanya sedikit bentuk-hidup lain.
    - (1) Dengan teki merayap, membentuk tegakan luas homogen [misalnya *Carex gracilis*].
    - (2) Dengan teki sespitos, membentuk rumpun atau bukit kecil [misalnya *Carex elata*].
  - b. **Rawa teki-rendah** (*Low sedge swamp*). [Dibanjiri sedikit atau hanya untuk waktu singkat; kebanyakan antropogenik.] Teki-teki kecil (*Carex*, *Juncus*, dan *Scirpus*, dedaunan tidak lebih dari 30 cm] dengan produktivitas rendah dominan, bercampur dengan banyak bentuk-hidup menerna lain.

- c. ***Rawa bukit kecil keras*** (*Hard hummock swamp*). Terbentuk oleh teki-teki kecil berdaun keras, oleh karena itu lebih kompak dan lebih mudah untuk berjalan di atasnya daripada di a (2). Langka (misalnya di Pegunungan Andes tropik).
2. **Vegetasi rembesan** (*Flushes*) [Bahasa Jerman “*Quellfluren*”]. Vegetasi terna atau kriptogam malar hijau pada tempat keluar air rembesan. [Selalu basah, tetapi jarang dibanjiri.]<sup>\*\*\*\*\*</sup>
- a. **Vegetasi rembesan terna non-rumput** (*Forb flush*). Kebanyakan terna non-rumput dominan.
- (1) Bergamping; bagian-bagian tumbuhan yang sudah tua tertutup kerak putih atau kecokelatan karena pengendapan karbonat
- (2) Bukan gamping
- b. **Vegetasi rembesan lumut** (*Moss flush*). Didominasi lumut. [Subdivisi seperti a.]
- E. **Vegetasi rawa garam menerna dan setengah berkayu** (*Herbaceous and half-woody salt swamps*). Tumbuhan halofili atau toleran terhadap garam membentuk formasi rapat permanen. Sebagian besar jenis memerdu [setengah berkayu]. Perdu atau pohon tidak ada atau sangat jarang,
1. **Formasi perdu setengah berkayu halofit** (*Halophitic half-woody shrub formations*). Didominasi oleh perdu sukulen setengah berkayu dengan tinggi sampai 1 m, sebagian malar hijau.
- a. **Vegetasi rawa garam marin setengah berkayu** (*Marine half-woody salt marsh*). [Terdapat dekat pantai pada endapan laut. Dari waktu ke waktu dibanjiri, tetapi hanya untuk waktu singkat]. Kaya akan ganggang mikroskopik pada permukaan tanah.
- (1) Sukulen; Tumbuhan sukulen dominan [misalnya *Salicornia*]
- (2) Non-sukulen; miskin akan tumbuhan sukulen sejati, sering kali kaya akan tumbuhan setengah-perdu nitrofil cepat tumbuh [misalnya *Obione* atau *Artemisia* spp.]; sering kali membentuk lajur atau pita sempit sepanjang sungai kecil di pantai laut, di mana bahan organik telah diendapkan.

---

\*\*\*\*\* Hanya menutup area yang sangat kecil, sering membentuk mozaik dengan formasi tumbuhan seperti rumput.

- b. **Vegetasi rawa garam darat setengah-berkayu** (*Inland half-woody salt-marsh*). Serupa dengan a [tetapi tumbuh di cekungan-cekungan kontinen, dibanjiri pada musim basah dan mengering pada musim kurang hujan]. Pada umumnya kurang xeromorf daripada a. Miskin akan ganggang.
  - (1) Sukulen
  - (2) Non-sukulen
- 2. **Ara-ara garam** (*Salt meadow*). Kebanyakan menerna. Formasi tertutup hemikriptofit, kamefit menerna, dan bentuk-hidup tidak-berkayu lain, tetapi miskin akan tumbuhan setahun.
  - a. **Ara-ara garam marine** (*Marine salt meadow*). [Dalam batas jangkauan pasang-surut di pantai laut iklim sedang, tetapi tidak dibanjiri setiap hari]. Tegakan rapat tertutup rumput-rumput cepat tumbuh dan [atau] tumbuhan non-rumput sukulen.
    - (1) Kaya akan sukulen
    - (2) Miskin akan sukulen
  - b. **Ara-ara garam darat** (*Inland salt meadow*). Serupa dengan a [tetapi tumbuh dalam lingkungan kontinen]. Pada umumnya kurang gegas (*vigorous*) dan kurang rapat.
    - (1) Tertutup; secara fisiognomi sama dengan a (2) tetapi lebih xeromorf.
    - (2) Terbuka; sebagian besar tumbuhan hidup terisolasi atau dalam rumpun; tanah dengan tutupan garam tebal, paling tidak pada musim kering; transisi ke **VI B**.
- F. **Vegetasi terna non-rumput<sup>\*\*\*\*\*</sup> dan komunitas serupa** (*Forb vegetation and similar communities*). Terna berdaun lebar dominan, biasanya mesofil dan meranggas. Bentuk-hidup berkayu hadir hanya dalam kondisi luar biasa.
  - 1. **Sebagian besar komunitas terna non-rumput perenial** (*Mainly perennial forb communities*). Didominasi oleh hemikriptofit non-rumput dan geofit. Tumbuhan setahun kadang-kadang hadir, tetapi tidak penting.
    - a. **Formasi terna perbatasan hutan** (*Forest border herb formation*). Terdapat berdampingan antara vegetasi fanerogam dan terna sebagai lajur transisi sempit, yang terdiri atas hemikriptofit, geofit, dan terofit. Tumbuh lebih gegas daripada padang penggembalaan atau ara-ara di sebelahnya.

---

\*\*\*\*\* "Forb" (istilah Amerika yang berarti "terna non-rumput" [Bahasa Jerman: "Kraut"])

- b. **Formasi terna tinggi non-rumput** (*Tall forb formation*) [Bahasa Jerman “*Hochstauden*”. Tegakan rapat terna berdaun lebar, sebagian besar dikotil, tinggi lebih dari 50 cm, mesofil, nitrogen dan hara lain tersedia baik.
  - c. **Semak paku-pakuan [atau kerangas]** (*Fern thicket [or heath]*). *Pteridium aquilinum* atau *Dicranopteris* sp. dominan dan membentuk tegakan hampir murni pada lahan kerangas yang digunakan sebagai tempat penggembalaan dalam kawasan hutan. [Satu-satunya formasi terna non-rumput yang menutup area luas].
  - d. **Formasi terna non-rumput perenial pada endapan organik pada garis banjir** (*Perennial forb formation on organic deposits at the flood lines*). Terdiri atas terna berdaun lebar, tumbuh melimpah pada endapan bahan organik terdekomposisi, yang sering diperbarui oleh banjir.
  - e. **Formasi terna perenial ruderal dan tebasan** (*Perennial ruderal and clearing herb formation*). Terna berdaun lebar [tumbuh pada sampah, puing-puing dan tempat-tempat yang sangat dipengaruhi kegiatan manusia].
  - f. **Terutama formasi gulma perenial pada lahan garapan** (*Mainly perennial weed formation on cultivated land*). Sebagian besar gulma hemikriptofit atau geofit, tumbuh kurang melimpah di bawah naungan tegakan tumbuhan budi daya perenial. Gulma setahun hadir, tetapi tidak dominan [lihat 2d]. Nilai formasi gulma berkurang sekali dengan pemakaian herbisida.\*\*\*\*\*
2. **Terutama komunitas terna non-rumput efemeral** (*Mainly ephemeral forb communities*). Terofit lebih sering daripada herba perenial. Tutupan vegetasi tidak serapat seperti di A.
    - a. **Formasi terna non-rumput efemeral gurun halimun tropik atau subtropik** (*Tropical or subtropical ephemeral cloud desert forb formation*). [Berkembang paling baik di bukit-bukit pesisir di Peru dan Cile utara, yang mulai musim gugur sampai musim semi, halimun bergerak membasahi vegetasi dan tanah dengan air kondensasi]. Didominasi oleh terna berdaun lebar semusim, yang berkecambah pada permulaan musim halimun dan tumbuh melimpah sampai akhir musim tersebut, yang memberikan lanskap pemandangan segar dan hijau. Pada musim kering pemandangan seperti gurun. Fanerofit mungkin hadir sebagai relik hutan halimun terbuka alami. Geofit dan hemikriptofit kriptogam atau kamefit selalu hadir dan dapat menjadi dominan secara lokal.

---

\*\*\*\*\* Pada peta-peta skala kecil, yang tampak adalah tanaman budi daya bukan formasi gulma.

- b. **Formasi halofit efemeral** (*Ephemeral halophytic formation*). [Biasanya tumbuh pada kondisi habitat lebih ekstrem daripada ara-ara garam, lihat VE2]. Lebih kurang formasi terbuka halofit semusim. Beberapa terna dan rumput permanen mungkin hadir.
  - c. **Formasi terna efemeral non-rumput ruderal dan tebasan** (*Ephemeral ruderal and clearing forb formation*). Seperti 1e, tetapi didominasi tumbuhan semusim.
  - d. **Terutama formasi gulma efemeral di lahan garapan** (*Mainly ephemeral weed formation on cultivated land*). Serupa dengan 1f, tetapi kaya akan tumbuhan semusim atau jenis yang berkecambah pada musim gugur dan mati setelah berbuah pada periode vegetasi berikutnya.
3. **Komunitas terna non-rumput episodik** (*Episodical forb communities*). Pengelompokan tumbuhan efemeral yang sangat tidak stabil, yang muncul tidak teratur setiap tahun, tetapi hanya bila kondisi untuk tumbuh baik.
- a. **Formasi terna non-rumput gurun episodik** (*Episodical desert forb formation*) ["gurun berbunga"]. Sebagian besar terna berdaun lebar yang berkembang cepat dengan biji-biji keras yang berkecambah setelah hujan yang turun hanya kadang-kadang (episodik). Sering terkonsentrasi di cekungan-cekungan [beberapa sukar dilihat] tempat air permukaan terkumpul. Adakalanya formasi ini dapat mengisi rumpang antara tumbuhan subgurun permanen, seperti perdu xeromorf atau tumbuhan sukulen yang termasuk formasi IIIC atau IVC.
  - b. **Formasi episodik pada lumpur kolam dan tempat-tempat serupa** (*Episodical formation on pond muds and similar sites*). [Berkembang ketika kolam dikeringkan – setiap tahun atau setelah beberapa tahun]. Didominasi oleh terna non-rumput, yang biji-bijinya tidak rusak atau berkecambah ketika dasar kolam digenangi, tetapi berkecambah dan tumbuh cepat setelah lumpur muncul kembali.
  - c. **Formasi terna non-rumput episodik pada endapan organik pada batas banjir** (*Episodical forb formation on organic deposits at the flood lines*). Serupa dengan 1d, tetapi kurang permanen dan sebagian besar terdiri atas terna semusim, yang bijinya dibawa bersama endapan organik. Perennial dapat hadir.
  - d. **Formasi dasar sungai episodik** (*Episodical river bed formation*). Terna, rumput atau teki efemeral berkembang di bagian-bagian kering dasar sungai

sewaktu masa air rendah selama lebih dari dua bulan. Bergantung kepada biji yang dipasok oleh sungai; oleh karena itu sangat tidak stabil bukan hanya dalam kerapatan, melainkan juga dalam komposisi jenis dan pola.

## VI. GURUNDAN KAWASAN-KAWASAN HAMPIR TIDAK BERVEGETASI.

[Subgurun dimasukkan ke dalam kelas formasi III sampai V]. Tanah mineral terbuka selalu menentukan aspek gurun. Tumbuhan terpencair atau tidak ada.

### A. Batuan dan rombakan lereng hampir tidak bervegetasi (*Scarcely vegetated rocks and screes*).

#### 1. Batuan yang hampir tidak bervegetasi (*Scarcely vegetated rocks*).

a. **Vegetasi kasmofit** (*Chasmophytic vegetation*). Tumbuhan permanen berakar pada celah-celah batuan atau dinding.

[Subdivisi menurut bentuk-hidup di garis lintang dan elevasi yang berbeda].

b. **Bromeliaceae yang menggala pada batuan** (*Adnate Bromeliaceae on rocks*)  
[Hanya di neotropik]

c. **Keset kriptogam pada batuan** (*Cryptogamic mat on rocks*).

(1) Lumut kerak dan lumut berdedaunan (*foliose*) dominan.

(2) Lumut kerak mengerak (*crustose*) dominan.

(3) Ganggang biru dominan [lajur tinta (*ink-strips*), dalam bahasa Jerman "*tintenstriche*"; lajur –lajur hitam pada batuan yang disebabkan oleh *Cyanophyceae* yang tumbuh aktif bila air menetes.

#### 2. Rombakan lereng yang hampir tidak bervegetasi (*Scarcely vegetated screes*) [Lereng curam batu-batu tidak stabil di bawah batuan yang melapuk].

Sebagian besar terna permanen atau tumbuhan setengah berkayu yang beradaptasi terhadap pergerakan batu dipermukaan lereng batu-batu, kadang-kadang menahan pergerakan batu tersebut. Subdivisi terutama menurut lamanya periode vegetasi:

a. **Formasi rombakan lereng pamah dan subpegunungan** (*Lowland and submontane scree formation*).

b. **Formasi rombakan lereng pegunungan** (*Montane scree formation*).

c. **Formasi rombakan lereng pegunungan tinggi** (*High montane scree formation*).



**B. Akumulasi pasir hampir tidak bervegetasi** (*Scarcely vegetated sand accumulation*). [Hutan-terbuka, semak, padang rumput dan formasi tertutup pada bukit-pasir (*dune*) menetap digolongkan ke dalam kelas-kelas formasi yang terdaftar di atas]. Pasir-hanyut (*quicksand*) yang bergerak dengan tumbuhan yang terisolasi yang berperan untuk menghentikan pergerakan; atau bukit-pasir bergerak yang gundul. Vegetasi hanya menutup tidak lebih dari sepertiga permukaan.

**1. Bukit-pasir yang hampir tidak bervegetasi** (*Scarcely vegetated sand dunes*)

a. **Bukit-pasir rumput-tinggi** (*Tall-grass dune*) ["Bukit-pasir putih" pesisir. Kebanyakan kaya akan karbonat dan hara]. Dibentuk dan sebagian tertutup oleh rumput geofit atau tumbuhan seperti rumput yang dapat mengadaptasikan akar dan pucuknya terhadap akumulasi pasir baru yang menguburnya pada masa-masa badai.

(1) Tropik dan subtropik

(2) Iklim sedang, menunjukkan ritme pertumbuhan tahunan nyata

b. **Bukit-pasir rumput-pendek** (*Short-grass dune*). [Sebagian besar di kontinen, masam, dan miskin hara]. Hemikriptofit rendah atau rumput dan teki geofit mengikat pasir hanyut.

c. **Bukit-pasir terna non-rumput** (*Forb dune*). [Mungkin ada]

**2. Bukit-pasir gundul** (*Bare sand dunes*)

a. **Bukit-pasir bergerak dalam iklim gurun** (*Shifting dunes in desert climate*) [Alami]

b. **Bukit-pasir bergerak dalam iklim hutan** (*Shifting dunes in forest climate*) [Antropozoogenik]

**C. Gurun sejati** (*True desert*). Umumnya tidak ada vegetasi.

[Subdivisi mungkin dibuat hanya berdasarkan kriteria geologi dan morfologi. Lembah gurun dapat diklasifikasikan ke dalam salah satu formasi yang dikemukakan terdahulu].

## **VII. FORMASI TUMBUHAN AKUATIK** (*AQUATIC PLANT FORMATIONS*)

[kecuali formasi-formasi laut]. Terdiri atas tumbuhan berakar dan (atau) mengambang yang memerlukan tanah tergenang air terus-menerus atau pada sebagian besar waktu dalam setahun.

- A. Ara-ara terapung** (*Floating meadows*). Jalinan rapat terna non-rumput dan (atau) lumut menutup perairan tawar. Sebagian besar fanerogam adalah heliofit, bukan tumbuhan air sejati.
- 1. Terutama ara-ara menerna terapung** (*Mainly herbaceous floating meadows*). Didominasi oleh teki-tekian atau herba non-rumput berimpang. Kamefit dan bahkan fanerofit mungkin hadir.
    - a. Ara-ara terna terapung tropik dan subtropik** (*Tropical and subtropical herbaceous floating meadow*).
    - b. Ara-ara terna terapung iklim sedang dan subkutub** (*Temperate and subpolar herbaceous floating meadow*), dengan aspek-aspek musiman yang nyata.
  - 2. Terutama ara-ara berlumut terapung** (*Mainly mossy floating meadows*). Seluruhnya didominasi lumut, tetapi fanerogam mungkin hadir.
- B. Rawa gelagah** (*Reed swamps*). Heliofit tinggi berakar dalam tanah di dasar danau dangkal, sungai mengalir lambat atau perairan serupa.
- 1. Formasi rawa gelagah di danau air tawar** (*Reed-swamp formations of fresh water lakes*). Sebagian besar tumbuhan berdaun lebar yang tidak mampu hidup dalam air dengan konsentrasi garam tinggi. Semua pucuk tumbuh tegak dan hanya pengecualian mengambang di atas air.
    - a. Rawa gelagah air tawar tropik dan subtropik** (*Tropical and subtropical fresh water reed-swamp*). Aspek musiman tidak nyata.
    - b. Rawa-gelagah air tawar iklim sedang dan subkutub** (*Temperate and subpolar fresh water reed-swamp*). Pada musim dingin sebagian besar tumbuhan kuning atau dorman.
  - 2. Formasi rawa-gelagah danau air masin** (*Reed-swamp formations of salt water lakes*). Lebih kurang tumbuhan skleromorf tahan terhadap konsentrasi garam tinggi. Biasanya tidak setinggi seperti di **1**.
    - a. Rawa-gelagah air masin tropik dan subtropik** (*Tropical and subtropical salt water reed-swamp*)
    - b. Rawa-gelagah air masin iklim sedang** (*Temperate salt water reed-swamp*)
  - 3. Formasi rawa-gelagah air mengalir** (*Reed-swamp formations of flowing water*). Pucuk-pucuk lebih lentur daripada dalam **1** dan **2**, kadang-kadang dengan daun mengambang.

Klasifikasi Fisiognomi-ekologi Sementara Formasi Tumbuhan di Bumi

- a. **Rawa-gelagah tropik dan subtropik di tepian sungai** (*Tropical and subtropical reed-swamp on river banks*)
- b. **Rawa-gelagah iklim sedang di tepian sungai** (*Temperate reed-swamp on river banks*).
- C. Komunitas daun-terapung berakar** (*Rooted floating-leaf communities*)  
[Subdivisi kira-kira serupa dengan B]
- D. Komunitas berakar di bawah air** (*Rooted underwater communities*).  
Mencakup tumbuhan akuatik yang secara struktural ditunjang oleh air [yaitu tumbuhan yang tidak dapat menunjang diri-sendiri sebaliknya dari heliofit akuatik].  
[Subdivisi mungkin dibuat].
- E. Komunitas terapung bebas (tidak berakar) air tawar** (*Free-floating [nonrooted] fresh water communities*).
  - 1. Komunitas terapung bebas berdaun lebar** (*Broad-leaved, free-floating communities*).
    - a. **Formasi terapung-bebas berdaun lebar tropik dan subtropik** (*Tropical and subtropical broad-leaved, free-floating formation*) [misalnya *Pistia*, *Pontederia* dan *Eichhornia*].
    - b. **Formasi terapung-bebas berdaun lebar iklim sedang** (*Temperate broad-leaved, free-floating formation*). Menghilang pada musim dingin (misalnya *Stratiotes*).
  - 2. Komunitas terapung-bebas tipe-Lemna** (*Lemna-type free-floating communities*).  
[Subdivisi serupa dengan 1].
  - 3. Komunitas ganggang makroskopik terapung-bebas** (*Free-floating macroscopic algal communities*).  
[Subdivisi mungkin dibuat].

## Lampiran C

### Kunci untuk Pemetaan Tipe-tipe Vegetasi Struktural di Sri Lanka Tenggara pada Mozaik Foto Udara dengan Skala 1:31.680\* (dari Mueller-Dombois, 1968)

Kunci dibagi menjadi empat bagian:

- |                                    |                                     |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| I. <b>Tipe-tipe penutup hutan</b>  | III. <b>Tipe-tipe penutup terna</b> |
| II. <b>Tipe-tipe penutup semak</b> | IV. <b>Area lain</b>                |

Dalam setiap kategori, unit-unit peta ditentukan sedemikian rupa sehingga yang satu dapat dipisahkan dari yang lain secara kuantitatif dalam foto udara di lapangan. Metode ini adalah adaptasi lokal dari kunci umum Fosberg (1961) (Bab 7).

#### I. **Tipe-tipe penutup hutan**

1.  $f =$  Hutan berperawakan rendah sampai menengah dengan pohon mencuat dan terpencar. [*Low to medium stature forest with scattered emergents*].  
Hutan tertutup dengan tajuk-tajuk pohon yang bertautan dan saling bersentuhan yang mencakup luas kawasan paling tidak enam hektare. Perawakan (*stature*) rendah sampai menengah mengacu kepada kisaran tinggi 5–15 m. Tinggi pohon-pohon mencuat lebih dari 15 m. Pada foto udara unit hutan ini biasanya tampak paling hitam dengan tekstur butir-butir kasar hingga menengah yang padat.
2.  $af =$  Hutan berperawakan tinggi sepanjang sungai kecil yang hampir permanen (hutan aluvium) [*High stature forest along almost permanent streams (alluvial forest)*].

---

\* Kunci ini tidak terbatas pada skala ini, tetapi dapat diterapkan kepada skala yang lebih besar dan skala yang diperkecil sampai sekitar 50%.

## Kunci untuk Pemetaan Tipe-tipe Vegetasi Struktural

Hutan tertutup dengan tajuk-tajuk pohon yang bersentuhan dan berpautan menutup kawasan paling tidak 6 ha. Perawakan tinggi berarti sebagian besar tinggi pohon-pohon kanopi lebih dari 15 m. Dalam foto udara unit ini dapat dikenal dengan burik gelap dan terang dan tekstur butir-butir kasar padat yang dihasilkan oleh tajuk-tajuk pohon besar. Hutan ini membentuk lajur nyata sepanjang sungai kecil yang hampir permanen (berair sepanjang tahun).

3.  $df$ = Hutan berperawakan rendah sampai menengah tidak menerus dengan pohon-pohon mencuat yang terpecar (*Discontinuous low to medium stature forest with scattered emergents*).

Seperti  $f$  di atas, tetapi dengan lajur-lajur terbuka sempit yang lebarnya kurang dari 70 m dan lajur-lajur yang memutus kontinuitas hutan dalam berbagai pola. Ini mungkin saluran-saluran drainase sementara, lajur erosi dan tepian, lajur-lajur berumput atau punggung batuan menonjol.

4.  $fs$ = Hutan-semak (*Forest-scrub*)

Tipe mozaik terdiri atas kawasan kecil (kurang dari 6 ha) hutan tertutup dan semak tertutup dengan luas yang sama. Unit hutan-semak dapat dicirikan juga dengan pohon-pohon yang terpecar (paling tidak 10-15 pohon/ha) dan mencuat dari matriks semak tertutup. Yang terakhir ini dapat disebut hutan terbuka dengan lapisan semak tertutup. Tetapi, perbedaan antara dua subunit ini (hutan area-kecil dengan semak dan hutan terbuka dengan semak tertutup) tidak praktis untuk skala peta di daerah ini.

5.  $dfs$ = Hutan-semak tidak menerus (*Discontinuous forest-scrub*)

Sama seperti  $fs$  dengan diskontinuitas analog dengan  $df$ .

6.  $ofs$ = Hutan-semak terbuka (*Open forest-scrub*).

Vegetasi berkayu terbuka dengan pohon di atas 5 m dan pohon kurang dari 5 m serta perdu dalam proporsi yang sama. Perdu dan pohon umumnya secara individual terpecar. Penutup terna juga terputus. Kaset rumput perenial sekitar kelompok tumbuhan berkayu atau masing-masing pohon-pohon tinggi berselang-seling dengan bidang-bidang kecil tanah terbuka atau penutup terna semusim (bergantung kepada musim). Pada foto tipe ini tampak berwarna kelabu muda dengan titik-titik putih yang menunjukkan pohon. Jumlahnya paling tidak 10-15 pohon/ha, dan kalau tidak demikian tipe ini menjadi semak terbuka dengan pohon-pohon terpecar [=os(t)] yang tersebar luas yang akan didefinisikan di bawah ini.

7.  $(fs)$  = Pulau-pulau hutan-semak (*Forest-scrub islands*).

Gugus-gugus semak atau pulau-pulau semak dengan pohon-pohon yang tingginya paling tidak 10 m terdapat berdekatan di kawasan paling tidak 2 ha. Penutup tumbuhan berkayu lebih dari 50%. Tempat-tempat terbuka di antaranya dapat berupa penutup rumput, batuan, pasir gundul, atau hamparan kerikil. Sebaliknya dari  $df$  pengelompokan tumbuhan berkayu kecil (biasanya kurang dari  $\frac{1}{2}$  ha), sedangkan  $df$  menunjukkan bagian-bagian yang menerus yang diselingi oleh jalur-jalur terbuka.

## II. Tipe-tipe penutup semak (*Scrub cover types*)

1.  $s$  = Semak (*Scrub*)

Semak dengan perdu dan/atau pohon (5 m atau lebih kecil) yang tajuknya berpautan atau bersentuhan sehingga membentuk kanopi yang menerus. Biasanya semak tidak pernah rapat atau lebih seperti rumpun, tetapi mudah ditembus melalui jalan-jalan hewan di bawah kanopi, yang tidak tampak dalam foto udara. Unit ini dalam foto udara tampak gelap sampai kelabu dengan tekstur berbutir kecil hingga halus. Sebagian besar tinggi kanopi semak antara 2,5 dan 5 m.

2.  $s(t)$  = Semak dengan pohon-pohon terpencar (*Scrub with scattered trees*).

Sama seperti  $s$  di atas, namun dengan pohon-pohon terpencar yang mencuat di atas 5 m (paling tidak 5 pohon/ha tetapi kurang dari 15 pohon/ha). Pada foto udara, tipe ini dapat dibedakan dari  $s$  dengan titik-titik kecil gelap yang menunjukkan pohon-pohon mencuat. Unit ini lebih tersebar luas daripada  $s$  dan merupakan tipe yang paling penting ditinjau dari penutupan kawasan yang luas.

3.  $ds$  = Semak yang tidak menerus (*Discontinuous scrub*).

Seperti  $s$  di atas, tetapi dengan lajur-lajur terbuka sempit (biasanya kurang dari 70 m) dan jalur-jalur yang memutus dengan berbagai pola kontinuitas kanopi semak. Lajur dan jalur ini dapat berupa saluran drainase, jalur dan tepian erosi, jalan gajah, jalur pasir gundul atau berumput atau punggung tonjolan batuan. Pola nada warna dan tekstur pada foto udara sama seperti  $s$ , kecuali kehadiran garis-garis putih yang malang-melintang yang menunjukkan tempat-tempat terbuka yang memutus kontinuitas kanopi semak. Bagian-bagian semak yang menerus meliputi luasan paling tidak 2 ha.

## Kunci untuk Pemetaan Tipe-tipe Vegetasi Struktural

4.  $ds(t)$  = Semak yang tidak menerus dengan pohon terpencar (*Discontinuous scrub with scattered trees*).  
Seperti  $ds$  di atas, tetapi dengan *pohon-pohon mencuat dan terpencar analog* dengan  $s(t)$ . Unit ini juga lebih tersebar luas daripada  $ds$  di atas dan hampir sama pentingnya dalam hal luas penutupan seperti  $s(t)$ .
5.  $os$  = Semak terbuka (*Open scrub*).  
Individu-individu perdu dan pohon kecil (5 m atau lebih kecil) terdapat dalam formasi yang longgar, yang diartikan bahwa dalam formasi ini terdapat kelompok-kelompok menyarang dengan tajuk-tajuk yang berpautan, tetapi kelompok-kelompok menyarang tersebut dan banyak individu-individu berdiri bebas dengan tajuk-tajuknya yang tidak bersentuhan. Dalam tipe ini tinggi sebagian besar biomassa tajuk kurang dari 2 m. Pada foto udara, unit tersebut tampak bernada kelabu muda dengan tekstur halus. Sering kali unit ini sukar dibedakan dari penutup rumput.
6.  $os(t)$  = Semak terbuka dengan pohon terpencar (*Open scrub with scattered trees*).  
Seperti  $os$  di atas, tetapi dengan pohon-pohon terpencar yang tingginya lebih dari 5 m. Berdasarkan tinggi biomassa tajuk, unit ini merupakan transisi antara  $os$  dan  $ofs$ , yang tinggi utamanya adalah sampai 5 m, tetapi terdapat pohon-pohon terpencar (5-15 pohon/ha) dengan tinggi lebih dari 5 m. Dari segi luas tutupan di antara 3 unit serupa ( $os$ ,  $os(t)$ , dan  $ofs$ ), unit ini adalah yang terpenting.
7.  $(s)$  = Pulau-pulau semak atau semak merumpun (*Scrub islands or clumped scrub*).  
Seperti  $(fs)$ , tetapi tanpa pohon-pohon tinggi. Meskipun demikian, dalam unit ini dapat ditemukan pohon-pohon dengan tinggi kurang dari 10 m. Unit ini terdapat lebih umum daripada  $(fs)$ . Luas pulau semak biasanya kurang dari  $\frac{1}{4}$  ha.

### III. Tipe-tipe penutup terna (*Herbaceous cover type*)

1.  $g$  = Penutup rumput pendek (*Short grass cover*)  
Penutup rumput kusut biasanya terpankaskan pendek dan tertutup. Tumbuhan memerdu dan perdu-katai mungkin hadir. Luas minimum 2 ha.
2.  $gs$  = Penutup rumput pendek dengan pulau-pulau semak (*Short grass cover with scrub islands*).

Seperti  $g$ , tetapi dengan semak merumpun atau pulau-pulau perdu, biasanya dengan luas kurang dari  $\frac{1}{4}$  ha. Sebaliknya dari ( $s$ ), pulau-pulau semak menutup kurang dari 50% dari suatu kawasan dengan luas paling tidak 2 ha. Unit penutup rumput yang paling umum.

3.  $g(fs)$  = Penutup rumput pendek dengan pulau-pulau hutan-semak (*Short grass cover with forest-scrub islands*).

Analog dengan  $g(s)$ , tetapi dengan pohon-pohon tinggi lebih dari 10 m, yang berasosiasi dengan pulau-pulau tumbuhan berkayu dalam penutup rumput pendek.

4.  $g(t)$  = Penutup rumput pendek dengan pohon-pohon terpencar (*Short grass cover with scattered trees*).

Penutup rumput kusut, biasanya terpangkas pendek dengan pohon-pohon terpencar dengan berbagai ukuran. Savana yang tipikal.

5.  $g(s,t)$  = Penutup rumput pendek dengan pulau-pulau semak dan pohon-pohon terpencar. (*Short grass cover with scrub islands and scattered trees*).

Analog dengan  $g(s)$ , tetapi dengan pohon-pohon terpencar di antara pulau-pulau semak. Tidak umum.

6.  $g(w)$  = Penutup rumput pendek atau tumbuhan seperti rumput dengan bagian-bagian berpenutup jarang atau gundul dekat air. (*Short grass or graminoid cover with sections of sparse cover or barren areas near water*).

Serupa dengan  $g$ , tetapi dengan area-area gundul atau penutup tumbuhan seperti rumput. Kondisi ini dapat diakibatkan oleh berbagai penyebab, seperti penggenangan air musiman, garis perairan yang menurun, injakan-injakan kerbau, pengulitan permukaan tanah oleh gajah, atau perusakan tanah oleh babi hutan.

7.  $r$  = Penutup terna dan perdu renggang dalam kantong-kantong pada daerah bonjolan batuan. (*Sparse herbaceous and suff. rutescent cover occurring more or less in pockets in rockoutcrop areas*).

Fragmen komunitas kecil terna dan perdu rendah campuran (semi-berkayu) yang tersebar di daerah tonjolan batuan sehingga penutupnya jarang dengan biomassa hidup per hektare sedikit. Ukuran minimum 2 ha.

8.  $r(s)$  = Penutup perdu renggang dengan pulau-pulau semak di daerah bonjolan batuan (*Sparse herbaceous cover with scrub islands in rockoutcrop areas*).

Serupa dengan  $r$ , tetapi dengan pulau-pulau semak terpencar.



## Kunci untuk Pemetaan Tipe-tipe Vegetasi Struktural

9.  $r(f_s)$  = Penutup terna renggang dengan pulau-pulau hutan-semak di daerah bonjolan batuan. (*Sparse herbaceous cover with forest-scrub islands in rockoutcrop areas*).  
Serupa dengan  $r(s)$ , tetapi biasanya dengan pulau-pulau tumbuhan berkayu lebih besar (sampai 2 ha) dengan pohon-pohon lainnya atau bahkan tegakan kecil hutan, yang ditentukan mempunyai 20% biomassa tajuk dengan ketinggian di atas 5 m.
10.  $b$  = Penutup terna dan perdu renggang di pantai dan daerah bukit pasir yang biasanya terdapat dalam tompok-tompok atau komunitas berzonasi (*Sparse herbaceous and suffrutescent cover in beach and dune areas occurring usually in patches or zoned communities*).  
Unit ini termasuk daerah pantai gundul pasang surut, penutup rumput *Spinifex* di zona pantai, dan semua tombok-tombok penutup renggang tumbuhan terna dan semak rendah semi-berkayu pada substrat pantai.
11.  $b(s)$  = Sama dengan pulau-pulau semak. (*The same as scrub islands*).  
Perdu-perdu mengelompok atau perdu-perdu secara individual terpencah dengan tinggi sampai 5 m yang menutup secara keseluruhan kurang dari 50% dari kawasan. Lain-lainnya seperti  $b$  di atas.
12.  $b(f_s)$  = Penutup terna dan perdu dengan pulau-pulau hutan-semak pada habitat pantai (*Sparse herbaceous and suffrutescent cover with forest-scrub islands on coastal substrates*).

### IV. Area lain

$x$  = Vegetasi yang belum lama terganggu berat dan daerah garapan (termasuk perkotaan).

Gangguan vegetasi disebabkan oleh kegiatan manusia, terutama untuk pembuatan “*chena*”. *Chena* tidak dapat dibedakan dari lahan garapan atau perkotaan.

$w$  = *Open water surfaces* – Permukaan perairan terbuka.

Informasi lain dalam peta vegetasi termasuk nama-nama tempat penting, nama-nama sungai besar, jalan dan jalur-jalur jeep, serta lokasi-lokasi petak cuplikan.

## Lampiran D

### **Kunci untuk Pemetaan Tipe-tipe Habitat Hutan di Manitoba Tenggara dengan Bantuan Foto Udara Baku 1:15.840m (dari Mueller-Dombois, 1965a)**

Kunci dapat juga digunakan untuk pemetaan tipe-tipe habitat dengan bantuan peta topografi dasar dengan skala lebih besar, atau hanya untuk orientasi di lapangan guna menentukan habitat yang ditelaah. Paling tidak pada setiap langkah, kunci memberikan dua alternatif yang mengarah ke solusi berikutnya. Nomor tipe habitat mengacu kepada Gambar 11.2 dan Tabel 11.5. Lambang-lambang diterangkan dalam Tabel 11.5 (nama ilmiah spesies terdapat dalam daftar setelah kunci ini):

- 1.a Habitat pada lahan organik..... 2  
[lapisan penutup bahan organik dengan tebal > 6 inci (162 cm)]
- 1.b Habitat pada lahan mineral..... 7  
[lapisan penutup bahan organik dengan tebal < 6 inci (162 cm)]
- 2.a Habitat pada gambut keras yang terkonsolidasi dan tidak bergerak mengikuti fluktuasi permukaan air tanah..... 3
- 2.b Habitat pada gambut “berenang”, yang bergerak naik-turun mengikuti perubahan permukaan air tanah; penutup pohon, bila ada, kerdil, tinggi tidak lebih dari 15–20 kaki (5–7 m) rawa gambut terapung (tidak ada diferensiasi).
- 3.a Habitat tertutup sebagian besar oleh *tamarack*, *swamp birch* dan teki-teki tinggi (*tall sedges*); permukaan relatif halus dan tertutup oleh busut (*hummock*) atau bukit kecil yang dapat menduduki permukaan sampai 50 % dari kawasan..... tipe BC [No. 12]

Kunci untuk Pemetaan Tipe-tipe Hanbitat Hutan di Manitoba Tenggara

- 3.b Habitat tertutup sebagian besar oleh *black-spruce* (*Picea mariana*) [atau tunggul-tunggul *black-spruce*], kadang-kadang dengan *white cedar*.; permukaan dengan busut yang menonjol yang menduduki permukaan lebih dari 50% dari kawasan..... 4
- 4.a Habitat dengan gambut dangkal, tebal sampai 20 inci (51 cm) [diukur dari cekungan antara busut-busut] = tipe-tipe setengah rawa gambut..... 5
- 4.b Habitat dengan gambut tebal lebih dari 20 inci (51 cm), hampir tidak pernah tertutup *white cedar*..... 6
- 5.a Habitat dengan cekungan-cekungan datar terisi gambut kelam (*muck*) [= *sink holes*], dengan diameter berkisar dari 1 inci (2,54 cm) sampai 6 inci (152 cm)..... tipe *sk* [No. 13]
- 5.b Habitat tanpa cekungan-cekungan terisi gambut kelam, tetapi cekungan tertutup lumut *sphagnum* dan terna-terna daerah udik (*upland*) [misalnya *palmate-leaved coltsfoot*, *dewberry*, *bunchberry*] ..... tipe *FS* [No.5]
- 6.a Habitat dengan cekungan-cekungan datar terisi gambut kelam [*sink holes*], yang diameternya dapat berkisar dari sekitar 1-6 kaki (sekitar 30 cm – 200 cm) ..... sub tipe *skS* [No. 13]
- 6.b Habitat tanpa cekungan-cekungan terisi gambut kelam, tetapi cekungan tertutup lumut *Sphagnum*; gambut *Sphagnum* dan *feathermoss* yang membentuk lapisan seperti busut yang menerus, vegetasi terna jarang..... tipe *S* [No. 14]
- 7.a Habitat tertutup terutama oleh runjung (*pine*) [atau tunggul runjung] ..... 8
- 7.b Habitat tertutup terutama oleh kayu keras, *spruce* [*white spruce* dan kadang-kadang *black spruce*] atau perdu seperti pohon..... 14
- 8.a Habitat pada bukit pasir purba, di mana *green alder* tidak ditemukan pada cekungan-cekungan lokal..... tipe *vd* [No. 1]
- 8.b Habitat pada tipe-tipe lahan bertekstur pasir lain, termasuk bukit-bukit pasir dengan *green alder* pada cekungan-cekungan lokal..... 9
- 9.a Habitat dengan horizon permukaan mineral kelabu muda cerah [Ae (horizon terbasuh) > 1 inci] umumnya pada endapan-endapan pasir kasar muda cerah [Ae < 1 inci] bila terdapat pada tanah yang terletak di bawah ..... 10

## Ekologi Vegetasi

- 9.b Habitat tanpa horizon permukaan mineral kelabu berpasir; umumnya pada posisi terangkat, datar, bergelombang atau lereng; tekstur tanah permukaan berkisar dari pasir kasar hingga lempung berpasir ..... 11
- 10.a Habitat dengan burik berkarat segera di bawah horizon permukaan kelabu muda cerah; dengan *bearberry* yang terdapat sporadis atau tidak ada sama sekali, *Labrador tea*, *green alder* atau kadang-kadang *speckled alder* dan dengan terna indikator kelembapan [*palmate-leaved coltsfoot*, *dewberry*, *bunchberry*, *bluebead-lily* dan *horsetail species*] ..... tipe *om* (No. 4)
- 10.b Habitat tanpa burik berkarat segera di bawah horizon permukaan kelabu muda cerah; beberapa bidang kecil *twinflower* di antara *bearberry* biasanya unggul di sini, sering kali dengan beberapa rumpun *green alder* terpenjar, dan *bunchberry* terpenjar; *Labrador tea*, *palmate-leaved coltsfoot*, *bluebead-lily* dan *horsetailspecies* biasanya tidak ada; di tempat yang belum lama terbakar *scoring rush* biasanya melimpah..... tipe *of* [No. 3]
- 11.a Habitat yang didominasi perdu rendah *Ericaceae* (*bearberry*, *teaberry*, *blueberry*) memberi kesan lantai hutan “bersih” dengan hanya perdu-perdu besar yang hadir terpenjar; *bearberry* biasanya membentuk permadani, yang dapat atau tidak terputus oleh lahan gundul dan/atau tompok-tompok *reindeer lichens* yang luas; tanah terdiri atas pasir yang seragam..... 12
- 11.b Habitat dengan tumbuhan dominan perdu seperti pohon berukuran sedang bukan *Ericaceae* [khususnya *snowberry*, dan *hazel*] dan vegetasi terna yang melimpah [terutama rerumputan], penutup runjung (*pine*) sering bercampur dengan *birch* dan/atau *aspen*; tanah terdiri atas horizon pasir dengan Bt [diperkaya dengan koloid] atau horizon yang seluruhnya pasir berlempung atau berpasir ..... 13
- 12.a Habitat dengan tompok-tompok *reindeer lichen* yang melimpah dan banyak tempat-tempat gundul [bersama-sama menduduki sekitar 50 % atau lebih dari lantai hutan], serta penutup terna yang jarang ..... *d*+subtipe [No.2]
- 12.b Habitat dengan permukaan hampir seluruhnya tertutup *bearberry* dan hanya sedikit tempat-tempat gundul serta tompok-tompok *reindeer lichen* ..... tipe *d* [No.2]
- 13.a Habitat dengan lapisan perdu seperti pohon yang cukup lebat, di mana *hazel* menonjol; perdu khas lain adalah *green alder*, *raspberry*, *snowberry*, *downy arrow-wood*, *bush-honey-suckle*, banyak spesies terna; yang khas adalah kehadiran *wild sarsaparilla*, *bearberry* sporadis; *twinflower* selalu hadir..... subtipe *mf* [No.7]

Kunci untuk Pemetaan Tipe-tipe Habitat Hutan di Manitoba Tenggara

- 13.b Habitat dengan lapisan semak kurang lebat dan *snowberry* dominan, *hazel* jarang; *bearberry* selalu hadir, tetapi biasanya tidak menerus karena terputus oleh rerumputan dan terna; *reindeer lichen* jarang atau tidak ada ..... tipe *mf* [No. 7]
- 14.a Habitat dekat sungai kecil aktif dengan komponen tegakan *elm* dan *ash* serta dengan horizon mineral permukaan gelap yang mempunyai karakteristik seperti “tanah kebun” ..... 15
- 14.b Habitat di lokasi lain ..... 16
- 15.a Habitat pada lahan bawah aluvium yang permukaannya hanya sekitar 2–4 kaki (66–132 cm) di atas permukaan sungai kecil pada pertengahan musim panas; di antara tumbuhan bawah *ostrich-fern* dominan ..... tipe *evm* [No. 10]
- 15.b teras aluvium lebih tinggi, yang permukaannya lebih dari 6 atau 8 kaki (198 cm atau 264 cm) di atas permukaan sungai kecil pada pertengahan musim panas dan di sini *ostrich-fern* tidak hadir atau hanya sporadis ..... tipe *evf* [No. 9]
- 16.a Habitat yang profil tanah mineral atasnya bertekstur pasir ..... 17
- 16.b Habitat yang profil tanah mineral atasnya bertekstur pasir berlempung, lempung, atau lebih halus lagi ..... 19
- 17.a Habitat pada posisi bawah dan datar atau cekungan pada pinggir endapan pantai yang melebar atau pada pasir danau yang sekitarnya berupa lahan organik ..... 18
- 17.b Habitat pada posisi terangkat pada semua bentuk lahan bertekstur pasir, kecuali bukit pasir ..... 13
- 18.a Habitat dengan tanah dangkal berupa humus terurai lanjut [sampai kedalaman 6–8 inci (15–20 cm)] di atas tanah mineral dan dengan *tall sedges* dan *marsh-marigold* ..... tipe *ew* [No.11]
- 18.b Habitat dengan humus kembar (*mor* di atas *mull*) tanpa *tall sedges* dan *marsh-marigold*, sering berdampingan dengan dan lebih rendah dari tipe *om* ..... tipe *mvm* [No. 6]
- 19.a Habitat pada morena (*moraine*) di tanah rendah dengan tanah mineral atas berwarna kelabu dan kelabu gelap, biasanya dengan burik-burik kekuningan dekat permukaan dan dengan penutup humus kehitaman sedalam 4–8 inci (10–20 cm) ..... 20
- 19.b Habitat pada morena di tanah terangkat dengan tanah permukaan bertekstur pasir berlempung berwarna dengan burik-burik di permukaan serta dengan penutup humus kecokelatan sampai merah gelap yang dalamnya tidak lebih dari 4 inci (10 cm) ..... tipe *mf* [No/ 7]

## Ekologi Vegetasi

- 20.a Habitat pada cekungan lokal dengan penutup humus gambut hitam dan *tall sedges* dan rumpun-rumpun *marsh-marigold*..... tipe *ew* [No.11]
- 20.b Habitat pada lahan datar lebar tanpa *tall sedges* dan *marsh-marigold*..... tipe *mm* [No. 8]

Sebanyak 36 spesies tumbuhan berikut ini digunakan dalam kunci: *Ash* [*Fraxinus nigra* Marsh., *F. pennsylvanica* Marsh.], *aspen* [*Populus tremuloides* Michx.], *bearberry* [*Arctostaphylos urva-ursi* (L.) Spreng.], *birch* [*Betula papyrifera* Marsh.], *black spruce* [*Picea mariana* Mill BSP], *bluebead-lily* [*Clintonia borealis* (Ait.) Raf.], *blueberry* [*Vaccinium angustifolium* Ait.], *bunchberry* [*Cornus canadensis* L.], *bush-honeysuckle* [*Diervilla lonicerna* Mill.], *common scoring-rush* [*Equisetum hyemale* L.], *dewberry* [*Rubus pubescens* Raf.], *downy arrow-wood* [*Viburnum rafinesquianum* Schultes], *elm* [*Ulmus americana* L.], *feathermoss* [*Hylocomium splendens* Hedw.], *green alder* [*Alnus crispa* (Ait.) Pursh.], *hazel* [*Corylus cornuta* Marsh.], *horsetail species* [*Equisetum pratense* Erhr.and *E. Sylvaticum* L.], *Labrador-tea* [*Ledum grunlandicum* Oeder], *marsh-marigold* [*Caltha palustris* L.], *ostrich-fern* [*Matteuccia struthiopteris* (L.) Torado], *palmate-leaved coltsfoot* [*Petasites palmatus* (Ait.) Gray], *pine* [*Pinus banksiana* Lamb.], *raspberry* [*Rubus idaeus* L.], *reindeer lichen* [*Cladonia* spp.], *Schreber's moss* [*Pleurozium schreberi* (Bird) M.H.], *Snowberry* [*Symphoricarpos albus* (L.) Blake dan *S.occidentalis* Hook.], *speckled alder* [*Alnus rugosa* (Du Roi) Spreng.], *swamp birch* [*Betula glandulosa* Michx.], *tall sedges* [*Carex aquatilis* Wahlenb. dan *C. Lacustris* Willd.], *tamarack* [*Larix laricina* (Du Roi) K.Koch], *teaberry* [*Gaultheria procumbens* L.], *twinflor* [*Linnaea borealis* L.], *wavy dicranum* [*Dicranum rugosum* Brid.], *white cedar* [*Thuja occidentalis* L.], *white spruce* [*Picea glauca* (Moensch) Voss], *wild sarsaparilla* [*Aralia nudicaulis* L.].



## DAFTAR PUSTAKA

- Agnew, A. D. Q. 1961. The ecology of *Juncus effusus* L. in North Wales. *J. Eco.* 49: 83–102.
- Aichinger, E. 1949. *Grundzüge der forstlichen Vegetationskunde*. Ber. Forstwirtsch. Arbeitsgem. Hochschule f. Bodenkultur, Vienna.
- Aichinger, E. 1951. Soziationen, Assoziationen, und Waldentwicklungstypen. *Angew. Pflanzensoziol. (Vienna)*: 1: 21–68.
- Alechin, W. W. 1926. Was ist eine Pflanzengesellschaft? Ihr Wesen und ihr Wert als Ausdruck des sozialen Lebens der Pflanzen. *Repert. Spec. nov.* 37:1–50.
- Ashby, E. 1948. Statistical Ecology: II. A reassessment. *Botan. Rev.* 14:2 22–234.
- Ashton, P. S. 1965. Some problems arising in the sampling of mixed rain forest communities for floristic studies, hlm. 235–240. Dalam *Symposium on Ecological Research in Humid Tropics Vegetation (1963)*. Sponsored by Gov. of Sarawak and UNESCO Science Cooper. Office for SE Asia, Tokyo Press Co. Ltd., Itabashi, Tokyo. 376 hlm.
- Atkinson, I. A. E. 1969. *Ecosystem development on some hawaiian lava flows*. Ph.D. Dissertation. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 191 hlm.
- Atkinson, I. A. E. 1970. Successional trends in the coastal and lowland forest of Mauna Loa and Kilauea Volcanoes, Hawaii. *Pacific Science* 24:387–400.
- Austin, M. P., dan L. Orloci. 1966. Geometric models in ecology: II. An evaluation of some ordination techniques. *J. Ecol.* 54:217–222.
- Bailey, A. W., dan C. E. Poulton. 1968. Plant communities and environmental relationships in portion of the Tillamook burn, Northwestern Oregon. *Ecology* 49:1–13.
- Baker, H. G. 1952. The ecospecies—prelude to a discussion. *Evolution* 6: 61–68.
- Barbour, M. G. 1970. Is any angiosperm an obligate halophyte? *Am. Midland Naturalist* 84: 65–130.
- Barbour, M. G., dan R. T. Lange. 1967. Seed populations in some natural Australian topsoils. *Ecology* 48: 153–155.
- Bartholomew, B. 1970. Bare zone between California shrub and grassland communities: The role of animals. *Science* 170: 1210–1212.
- . 1971. Role of animals in suppression of herbs by shrubs. *Science*, 173–463.



## Daftar Pustaka

- Batcheler, C. L. 1971. Estimation of density from a sample of joint point and nearest neighbor distances. *Ecology* 52: 703–709.
- Beals, E. 1960. Forest bird communities in the Apostle Islands of Wisconsin. *Wilson Bull.* 72: 156–181.
- Beard, J. S. 1946. The Mora forest in Trinidad, British West Indies. *J. Ecol.* 33 :173–192.
- Becking, R. W. 1957. The Zürich-Montpellier School of Phytosociology. *Botan. Rev.* 23: 411–488.
- Benninghoff, W. S. 1966. The relevé method for describing vegetation. *Michigan Botanist* 5: 109–114.
- Benninghoff, W. S. dan K. J. Cramer. 1963. Phytosociological analysis of aspen communities on three site classes for *Populus grandidentata* in Western Cheboygan County, Michigan. *Vegetatio* 11: 253–264.
- Beschel, R. E., dan P. J. Webber. 1962. Gradient analysis in swamp forests. *Nature* 194: 207–209.
- Billings, W. D. 1965. *Plants and the ecosystem. Fundamental of Botany Series.* Macmillan, London. 154 hlm.
- Bitterlich, W. 1948. Die Winkelzählprobe. *Allg. Forst- u. Holzwirtschaft. Ztg.* 59: 4–5.
- Bliss, L. C. 1963. Alpine plant communities of the Presidential Range, New Hampshire. *Ecology* 44: 678–697.
- Bonner, J. 1950. The role of toxic substances in the interactions of higher plants. *Botan. Rev.* 16: 51–65.
- Bormann, F. H. 1953. The statistical efficiency of sample plot size and shape in forest ecology. *Ecology* 34: 474–487.
- Bormann, F. H., dan M. F. Buell. 1964. Old-age stand of hemlock-northern hardwood forest in central Vermont. *Bull. Torrey Botan. Club* 91: 491–465.
- Börner, H. 1971. German research on allelopathy. hlm. 52–54. Dalam *Biochemical Interactions Among Plants.* National Academy of Sciences, Washington D. C. 134 hlm.
- Bourdeau, P. F., dan H. J. Oosting. 1959. The maritime live oak forest in North Carolina. *Ecology.* 40: 148–152.
- Boysen-Jensen, P. 1949. Causal plant-geography. *D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Meddel.* 21: 1–19.
- Branson, F. A., R. F. Miller., dan I. S. McQueen. 1970. Plant communities and associated soil and water factors on shale-derived soils in Northeastern Montana. *Ecology* 51: 391–07.
- Braun, E. Lucy. 1950. *Deciduous forests of Eastern North America.* Blakiston Co. 566 hlm.
- Braun, J. 1915. Les Cévennes méridionales (Massif de l'Aigual). *Arch. Sci. Phys. et nat. Genève,* 4. Ser. 39/50. 207 hlm.

- Braun-Blanquet, J. 1926. *Pflanzensoiologie*. Springer Verlag. Edisi 1, Berlin 1928; Edisi 2, Vienna, 1951, 631 hlm; Edisi 3. Vienna-New York, 1964. 865 hlm.
- . 1932. *Plant sociology: The study of plant communities*. (Diterjemahkan oleh G. D. Fuller dan H. S. Conard) Terjemahan edisi 1 Pflanzensoiologie (1928). McGraw-Hill, New York & London. 438 hlm.
- . 1965. *Plant sociology: The study of plant communities*. (Diterjemahkan, direvisi, dan diedit oleh Fuller dan H.S. Conard). Hafner, London. 439 hlm.
- Bray, J. R. dan J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monographs* 27: 325–349.
- Brockmann-Jerosch, H., dan Rübél. 1912. *Die Einteilung der Pflanzengesellschaften nach ökologisch-physiognomischen Gesichtspunkten*. Wilhelm Engelmann, Leipzig. 68 p.
- Brookhaven Symposium. 1969. Diversity and stability in ecological systems. *Brookhaven Symposia in Biology* No. 22. 264 hlm. (Direproduksi oleh National Technical Inform. Service, Springfield, VA 22151).
- Buell, M. F. dan J. E. Cantlon. 1950. A study of two communities of the New Jersey Pine Barren and a comparison of methods. *Ecology* 31: 567–586.
- Bülöw, K. von. 1929. *Allgemeine Moorgeologie*. Gebr. Bornstraeger. 308 hlm.
- Burger, D. 1972. Forest site classification in Canada. *Mitt. Ver. Fur Forstl. Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung* 21: 20–36,
- Cain, S. A. 1938. The species-area curve. *Am. Midland Naturalist* 19: 573–581.
- . 1943. Sample plot technique applied to alpine vegetation in Wyoming. *Am. J. Botany* 30: 240–247.
- . 1947. Characteristics of natural areas and factors in their development. *Ecol. Monographs* 17: 185–200.
- Cain, S. A., dan G. M. de O. Castro. 1959. *Manual of vegetation analysis*. Harper, New York. 325 hlm.
- Cajander, A. K. 1909. Über Waldtypen. *Acta Forest. Fenn.* 1: 1–175.
- . 1925. Der gegensteige Kampf in der Pflanzenwelt. *Veröff. Geobot. Inst. Rübél, Zürich, 3. Festschr. Schröter*: 665–675.
- Canfield, R. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *J. Forestry* 39: 388–394.
- Caplenor, D. 1968. Forest composition on loessal and non-loessal soils in West-central Mississippi. *Ecology* 49: 322–331.
- Caputa, J. 1948. *Untersuchungen über die Entwicklung einiger Gräser und Kleearten in Reinsaat und Mischung*. Diss. Eth, Zürich. 137 hlm.

## Daftar Pustaka

- Catana, H. J. 1963. The wandering quarter method of estimating population density. *Ecology* 44: 349–360.
- Cattell, R. B. 1952. *Factor analysis*. New York: Harper & Bros. 462 hlm.
- Ceska, A. dan H. Roemer. 1971. A computer program for identifying species-relevé groups in vegetation studies. *Vegetatio* 23: 255–277.
- Clapham, A. R. 1932. The form of observational unit in quantitative ecology. *J. Ecol.* 20: 192–197.
- Clausen, J., D. D. Keck dan W. M. Hiesey. 1946. *Experimental studies on the nature of species: III. Environmental responses of climatic races of Achillea.* Carnegie Inst. Washington Publ. No. 581: 1–129.
- Clements, F. E. 1905. *Research methods in ecology*. University Publ. Co. Lincoln, 334 hlm.
- Clements, F. E. 1916. *Plant succession. An analysis of development of vegetation*. Carnegie Inst. Washington Publ. 512 hlm.
- Clements, F. E. 1928. *Plant succession and indicators*. H. W. Wilson Co. New York: 453 hlm.
- Clements, F. E., J. E. Weaver, dan H. C. Hanson. 1929. *Plant competition. An analysis of community functions*. Carnegie Inst. Washington Publication No. 398. 340 hlm.
- Cole, L. C. 1949. The Measurement of interspecific association. *Ecology* 30: 411–424.
- . 1957. The measurement of partial interspecific association. *Ecology* 38: 226–233.
- Conway, V. M. 1962. The bogs of central Minnesota. *Ecol. Monographs* 19: 73–206.
- Cooper, W. S. 1913. The climax forest of Isle Royale, Lake Superior, and its development. *Botan. Gaz.* 55: 1–235.
- Cottam, G. 1949. The phytosociology of an oaks woods on southwestern Wisconsin. *Ecology* 30: 271–287.
- . 1955. Corrections for various exclusion angles in the random pairs method. *Ecology* 36: 767.
- Cottam, G. dan J. T. Curtis. 1949. A method for making rapid surveys of woodlands by means of pairs of randomly selected trees. *Ecology* 30: 101–104.
- Cottam, G., dan J. T. Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37: 451–460.
- Cottam, G., J. T. Curtis., dan B. W. Hale. 1953. Some sampling characteristics of a population of randomly dispersed individuals. *Ecology* 34: 741–757.
- Cowles, H. C. 1899. The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. *Botan. Gaz.* 27: 95–117, 167–202, 281, 308, 361–391.
- Curtis, J. T. 1955. A prairie continuum in Wisconsin. *Ecology* 36: 558–566.

- . 1959. *The vegetation of Wisconsin. An ordination of plant communities*. Univ. of Wisconsin Press. Madison: 657 hlm.
- Curtis, J. T., dan H. C. Greene. 1949. A study of relics of Wisconsin prairies by the species presence method. *Ecology* 30: 83–92.
- Curtis, J. T., dan R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476–496.
- Daget, P. dan J. Poissonet. 1969. *Contribution a l'étude des Herbages des Plateaux Basaltiques de l'ouest du Cantal (Recoinnasance)*. Centre National de la Recherche Scientifique, Montpellier, France. Document No.16. 117 hlm.
- Daget, P., dan J. Poissonet. 1971. *Principes d'une technique d'analyse quantitative de la vegetation des formations herbaees,* hlm. 85–100. Dalam P. Daget (ed.). *Méthodes de'inventaire phyto-écologique et agronomique des prairies permantes*. Centre National de la Recherche Scientifique, Montpellier, France. Document No. 56. 206 hlm.
- Dagnelie, P. 1960. *Contribution à l'étude des communautes végétales par l'analyse factorielle*. *Bull. Serv. Carte phytogéogr. Sér. B. 5*: 7–71, 93–195.
- Dahl, E. 1960. Some measures of uniformity in vegetation analysis. *Ecology* 41: 805–806.
- Dansereau, P. 1957. *Biogeography an ecological perspective*. New York: The Ronald Press 394 hlm.
- . 1963. The barefoot scientist. *Colorado Quaterly* 12: 113
- Danserau, P. et al. 1968. The continuum concept of vegetation: responses. *Botan. Rev.* 34: 253–332.
- Darwin, C. R. 1859. *On the origin of species by natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, London. 251 hlm.
- Daubenmire, R. F. 1952. Forest vegetation of Northern Idaho and adjacent Washington, and its bearing on concept of vegetation classification. *Ecol. Monographs* 22: 301–320.
- . 1959. Canopy coverage method of vegetation analysis. *Northwest Sci.* 33: 43–64
- . 1962. *Plants and environment. A textbook of plant autecology*. Edisi 2. John Wiley & Sons. New York: 422 hlm.
- . 1966. Vegetation: identification of typical communities. *Science* 151: 291–298.
- . 1968. *Plant communities: A textbook of plant synecology*. Harper & Row. New York: 300 hlm.
- Diels, L., dan F. Mattick. 1908. *Pflanzengeographie*. Samml. Göschen Nr. 389-389a. 1958: Walter de Gruyter, Berlin dan Leipzig. 160 hlm.

## Daftar Pustaka

- Dierschke, H. 1970. Zur Aufnahme und Darstellung phänologischer Erscheinungen in Pflanzengesellschaften". hlm. 291–311. Dalam Tüxen (ed.) *Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie*. Bericht über das Intern. Symposium des Intern. Vereins für Vegetationkunde. W. Junk, Den Haag. Edisi revisi, E. van den Maarel dan R. Tüxen, edi. 1972.
- Dilworth, J. R., dan J. F. Bell. 1972. *Variable probability samplings–variable plot and three-P*. A Pocket Book. O. S. U. Book Stores, Inc. Corvallis, Oregon. 129 hlm.
- Domin, K. 1923. Is the evolution of earth vegetation tending towards a smaller number of climatic formations?. *Acta Botanica Bohemica* 2: 54–60.
- Drude, O. 1896. Deutschland Pflanzengeographie. *Hand b. Deut. Landes- u Volkskunde* 4: 502.
- . 1902. Grundzüge der Pflanzenverbreitung. Vol. VI. Dalam A. Engler dan O. Drude (eds.). *Die Vegetation der Erde*. Wilhelm Engelmann, Leipzig. 671 hlm.
- . 1913. *Die Ökologie der Pflanzen*. Die Wissenschaft. F. Vieweg, Braunschweig 50. 308 hlm.
- Ducker, S. W., W. T. Williams, dan G. N. Lange. 1965. Numerical classification of the Pacific forms of *Chlorodesmis* (Chlorophyta). *Australian J. Botany* 13: 489–499.
- Du Rietz, G. E. 1921. *Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie*. Akadem. Abh. Wien. A. Holzhausen. 272 hlm.
- . 1930. Vegetationsforschung auf Soziationsanalytischer Grundlage. *Abderhalden, Handb, biol. Aubeitsmeth.* 11: 293–480.
- Eber, W. 1972. Über das Lichtklima von Waldern bei Göttingen und seinem Einfluss auf die Bodensvegetation. *Scripta Geobotanica* 3: 150.
- Eberhardt, E., D. Kopp., dan H. Passarge. 1967. Standorte und Vegetation des Kirchleerauer Waldes im Schweizerischen Mittelland. hlm. 13–134. Dalam H. Ellenberg (ed.). *Ecological and pedological methods of forest site mapping*. Veröffentl. Geobot. Inst. Eth. Stiftg. Rübel, Zürich, No. 39. 298 D.
- Egler, F. E. 1947. Arid southeast Oahu vegetation. Hawaii. *Ecol. Monographs* 17: 383–435.
- . 1954. Vegetation science concepts: I. Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development. *Vegetatio* 4: 412–417.
- Ellenberg, H. 1939. Über Zusammensetzung, Standort und Soffproduktion bodenfeuchter Eichen- und Buchen-Mischwaldgesellschaften Nordwestdeutschlands. *Mitt, Florist. Soziol. Arbeitsgemeinschaft Niedersachsen* 5: 1–135.
- . 1950. *Unkraut-Gemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden*. Eugen Ulmer. Ludwigsburg: 141 hlm.
- . 1952. *Wiesen und Welden und ihre standördliche Bewertung*. Eugen Ulmer. Ludwigsburg: 143 hlm.

## Ekologi Vegetasi

- . H. 1953. Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenarten. *Ber. Deut. Botan. Ges.* 65: 351–362.
- . 1954. Über einige Fortschritte der kausalen Vegetationskunde. *Vegetatio* 5–6: 199–211.
- . 1956. *Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde*. Eugen Ulmer, Stuttgart: 136 hlm.
- . 1959. Typen tropischer Urwälder in Peru. *Schweiz. Z. Forstw.* 110: 169–187.
- . 1963. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Eugen Ulmer. Stuttgart: 943 hlm.
- . 1967. *Ecological and pedological methods of forest site mapping* (dalam bahasa Jerman dengan ringkasan dalam bahasa Inggris). Veröffentl. geobot. Inst. Eth, Stifg. Rübel, Zürich, No. 39. 298 hlm. Termasuk enam peta berskala 1:10.000.
- . 1968a. Wege der Geobotanik zum Verstandnis der Pflanzendecke. *Naturwissenschaften* 55: 462–470.
- . 1968b. *Sichtlochkarten zur Ordnung, Klassifikation, und Analyse pflanzensoziologische Systematik*. Bericht Intern. Symposium in Stolzenau (1964). W. Junk, Den Haag.
- . 1973. Die Ökosysteme der Erde: Versuch einer Klassifikation der Ökosysteme nach funktionalen Gesichtspunkten. hlm. 235–265. Dalam H. Ellenberg (ed.). *Ökosystemforschung*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 280 hlm.
- Ellenberg, H., dan G. Cristofolini. 1964. Sichtlochkarten als Hilfsmittel zur Ordnung und Auswertung von Vegetationsaufnahmen. *Ber. geobot. Inst. Eth. Stifg. Rübel, Zürich* 35: 124–134.
- Ellenberg, H., dan F. Klötzli. 1967. Vegetation und Bewirtschaftung des Vogelreservates Neeracher Riet. *Ber. geobot. Inst. Eth. Stifg. Rübe. Zürich* 37: 88–103. Dengan peta skala 1: 2.500.
- Ellenberg, H., dan F. Klötzli. 1972. Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitt. Eidgen. Anstalt f.d. forstl. Versuchswesen (Zürich)* 48: 589–800.
- Ellenberg, H., and D. Mueller-Dombois. 1967a. Tentative physiognomic-ecological classification of plant formations of the earth. *Ber. geobot. Inst. Eth. Stifg. Rübel, Zürich.* 37: 21055. (Diterbitkan ulang 1965 sebagai laporan UNESCO SC/WS/269 dalam bentuk yang sedikit dimodifikasi dengan judul “A framework for a classification of world vegetation,” Paris. 26 hlm. Publikasi final UNESCO 1973. International classification and mapping of vegetation. Ecology and Conservation Series No. 6, 93 hlm. dan grafik dengan lambang-lambang peta).
- Ellenberg, H., dan D. Mueller-Dombois. 1967b. A key to raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. *Ber. geobot. Inst. Eth. Stifg. Rübel, Zürich* 37: 56–73.
- Evans, F. C. 1956. Ecosystem as the basic unit in ecology. *Science* 123: 1127–1128.

## Daftar Pustaka

- Evans, G. C., dan D. E. Coombe. 1959. Hemispherical and woodland canopy photography and the light climate. *J. Ecol.* 47: 103–113.
- Evenari, M. 1961. Chemical influences of other plants (allelopathy). *Handbuch der Pflanzenphysiologie* 16: 691–736.
- Fekete, G., dan J. S. Lacza. 1970. A Survey of the plant life-form systems and the respective research approaches: II. *Annales Hist-Natur. Musei Nation. Hungarici, Pars Botanica.* 62: 115–127. 72). 64:5 3–62.
- Flahault, C., dan C. Schröter. 1910. Phytogeographische Nomenklatur. Proceed. Intern. Bot. Congress, Brussels. *Extrait du compte-rendu:* 1–29.
- Fosberg, F. R. 1961. A Classification of vegetation for general purposes. *Trop. Ecol.* 2: 1–28. (Diterbitkan ulang dalam bentuk yang dimodifikasi dalam G. F. Peterken. 1967. “Guide to the Check Sheet for IBP Areas”. IBP Handbook No. 4. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh. hlm. 73–120).
- . 1965a. Vegetation as a geological agent in deltas. hlm. 227–233. Dalam *Scientific Problems of the Humid Tropical Zone Delta and their Implications*. Proceedings of the Dacca Symposium (1964). Published by UNESCO, Paris. 422 hlm.
- . 1965b. The entropy concept in ecology. hlm. 157–163. Dalam *Proceedings of Symposium on Ecological Research in Humid Tropics Vegetation, Kuching, Sarawak, July 1963*. Published by UNESCO Science Cooperation Office for Southeast Asia. Tokyo Press Co., Itabashi, Tokyo. 376 hlm.
- Gams, H. 1918. Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung und Methodik der Biocoenologie. *Verteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich* 63: 293–493.
- Gates, F. C. 1942. The bogs of northern lower Michigan. *Ecol. Monographs* 12: 213–254.
- Gause, G. F., dan A. A. Witt. 1935. Behavior of mixed populations and the problem of natural selection. *Am. Naturalist* 69: 596–609.
- Gausen, H., P. Legris, M. Viart, dan L. Labroue. 1964. *International map of the vegetation*. Ceylon. Special sheet, Survey Dept. of Ceylon (Sri Lanka).
- Gerard, R. W. 1965. Intelligence, information and education. *Science* 148: 762–765.
- Gerreisheim, K. 1971. *The Serengeti photo-ecological project*. Serengeti Resw. Hist. Public. No. 83. 10 hlm. (University of Dar Es Salaam, Tanzania).
- Gilmour, J. S. L., dan J. Heslop-Harrison 1954. The deme terminology and the units of micro-evolutionary change. *Genetica* 27: 147–161.
- Ginzberger, A., dan J. Stadlmann. 1939. *Pflanzengeographisches Hilfsbuch*. Springer-Verlag, Vienna: 272 hlm.
- Gleason, H. A. 1920. Some application of quadrat method. *Bull. Torrey Botan. Club* 47: 21–33.

## Ekologi Vegetasi

- . 1926. The individualistic concept of the plant succession. *Bull. Torrey Botan. Club* 53: 7–26.
- . 1939. The individualistic concept of the plant association. *Am. Midland Naturalist* 21: 92–110.
- Good, R. D. 1964. *A geography of flowering plants*. Edisi 3. John Wiley and Sons. New York: 518 hlm.
- Goodall, D. W. 1952. Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation. *Australian J. Sci. Res. Series B* 5: 1–41.
- . 1953a. Objective methods for the classification of vegetation: I The use of positive interspecific correlation. *Australian J. Botany* 1: 39–62.
- . 1953b. Objective methods for the classification of vegetation: II Fidelity and indicator value. *Australian J. Botany* 1: 434–456.
- . 1953c. Point quadrats methods for the classification of vegetation. *Australian J. Botany* 1: 457–461.
- . 1954a. Objective methods for the classification of vegetation: III. An essay in the use of factors analysis. *Australian J. Botany* 2: 302–324.
- . 1954b. Vegetational classification and vegetational continua. *Angew. Pflanzensoziologie (Vienna). Festschrift Aichinger* 1: 168–182.
- . 1970. Statistical plant ecology. *Ann. Rev. Ecol. and Systematics* 1: 99–124.
- Goulden, C. E. 1969. Temporal changes in diversity. hlm. 96–102. Dalam *Diversity and Stability in Ecological Systems*. Brookhaven Symposium in Biology No. 22. 264 hlm. (Diproduksi ulang oleh Nat. Tech. Inform. Service, Springfield, Va. 22151).
- Gower, J. C. 1967. A Comparison of some methods of cluster analysis. *Biometrics* 23: 623–637.
- Graebner, P. 1925. *Die Heide Norddeutschlands*. Edisi 2. Vol. V. dalam seri: Die Vegetation der Erde. A. Engler dan O. Drude (ed.). Wilhelm Engelmann, Leipzig. 277 hlm.
- Grandtner, M. M. 1966. *La Vegetation du Quebec Meridional*. University of Laval Press. Quebec: 216 hlm.
- Greig-Smith, P. 1964. *Quantitative plant ecology*. Edisi 2. Butterworths, London. 256 hlm.
- . 1965. Notes on quantitative description of humid tropical forest. hlm. 227–334. Dalam *Symposium on ecological research in humid tropics Vegetation, Kuching, Sarawak*, (1963). Sponsored by Gov. of Sarawak and UNESCO Science Cooperation Office for Southeast Asia. Tokyo Press Co., Itabashi, Tokyo. 376 hlm.



## Daftar Pustaka

- Grisebach, A. 1866. Der gegenwärtige Standpunkt der Geographie der Pflanzen. *Behm's geogr. Jahrb.* I: 373–402. (Cetak ulang 1880 dalam Ges. Abhandl. u. kleine Schriften: 307–334. Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- . 1872. *Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung*. Wilhelm Engelmann, Leipzig, Vol. I. 603 hlm. Vol II. 635 hlm.
- Grodzinskij, A. M. 1973. *Die Grundlagen der chemischen Wechselbeziehungen der Pflanzen* (Ukrain.). Akad. Wiss., Ukrain, SSR. 206 hlm.
- Grosenbaugh, L. R. 1952. Plotless timber estimates—new, fast, easy. *J. For.* 50: 32–37.
- Grummer, G. 1953. *Die gegensteige Beeinflussung höheren Pflanzen. Alelopathie*. Gustaf Fischer, Jena. 162 hlm.
- Habek, J. R. 1968. Forest succession in the Glaciere Park cedar-hemlock forest. *Ecology* 49: 872–880.
- Hanawalt, R. B. 1971. Inhibition of annual plants by *Arctostaphylos*. hlm. 33–38. Dalam *Biochemical interactions among plants*. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 134 hlm.
- Hanson, H. C., dan H. D. Churchill. 1961. *The plant community*. Reinhold Publishing Corp. New York: 216 hlm.
- Harper, J. L. 1969. The role of predation in vegetational diversity, hlm. 48–62. Dalam *Diversity and Stability in Ecological Systems*. Brookhaven Symposia in Biology No. 22, 204 hlm.
- Harris, G. A. 1967. Some competitive relationships between *Agropyron Spicatum* and *Bromus Tectorium*. *Ecol. Monographs* 37: 89–111.
- Hauf, R., G. Schlenker, dan G. A. Krauss. 1950. Zur Standortgliederung im nördlichen Oberschwaben". *Allg. Forst-und Jagdztg.* 122: 3–28
- Haug, P.T. 1970. *Succession on old fields. a review*. M. Sc. Thesis. Colorado State University, Fort Collins, Colorado. 473 hlm.
- Heimanns, J. 1954. L'accessibilité, terme nouveau en phytogéographie. *Vegetatio* 5–6: 142–146.
- Hiesey, W. M., M. A. Nobs, dan O. Björkman. 1971. *Experimental studies on the nature of species*. Carnegie Inst. of Washington Public. 213 hlm.
- Hills, A. 1960. Regional site research. *Forestry Chronicle* 36: 401–423.
- . 1961. *The ecological basis for land-use planning*. Ontario Dept. of Lands and Forests. Tech. Series Research Rep. No. 46. 204 hlm.
- Horvat, J. 1954. Pflanzengeographische Gliederung Südosteuropas. *Vegetatio* 5–6: 434–447.
- Horvat, J., V. Glavac, dan H. Ellenberg. 1974. *Vegetation Südosteuropas* (dengan ringkasan dalam bahasa Inggris). Gustav Fischer. Stuttgart: 864 hlm.

## Ekologi Vegetasi

- Huber, H. 1955. Überverbreitung und Standortsansprüche kalkfliehender Moose in der Umgebung Basels und ihre Bedeutung mit Hilfe statistischer Prüfverfahren. *Beg. Schweiz. Bot. Ges.* 65: 431–458.
- Hult, R. 1881. Försök till analytisk behandling af växtformationerna. *Meddel. Soc. Fauna Flora Fennica* 8: 1–155.
- Humboldt, A. Von. 1805. *Essay sur la Géographie des Plantes*. Par Al. de Humboldt et A. Bonpland, redigé par Al. de Humboldt. Levrault, Schoell et Cie, Paris. 155 hlm.
- . 1806. *Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse*. Cotta. Stuttgart. 28 hlm.
- Jaccard, P. 1901. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes er du Jura. *Bul. Soc. Vaud. Sc. Nat.* 37: 547–579.
- . 1912. The distribution of the flora of the alpine zone. *New Phytol.* 11: 37–50.
- . 1928. Die statistisch–floristische Methode als Grundlage der Pflanzensoziologie. Dalam *Abderhalden, Handb. biol. Arbeitmeth.* 11: 165–202.
- Janzen, D. H. 1971. Seed predation by animals. *Ann. Rev. Ecol. and Systematics* 2: 465–492.
- Jenny, H. 1941. *Factors of soil formation*. McGraw–Hill. New York: 281 hlm.
- Keever, Catherine. 1950. Causes of succession on old fields of the Piedmont, North Carolina. *Ecol. Monographs* 20: 229–250.
- Keller, B. A. 1923. Die Pflanzenwelt der russischen Steppen, Halbwüsten und Wüsten. Ökologische und phytosoziologische Studien. Bahasa Rusia, dengan ringkasan dalam bahasa Jerman (Woronesch). 835 hlm.
- Kerner v. Marilaun, A. 1863. *Das Pflanzenleben der Donauländer*. Edisi 2 oleh F. Vierhapper. 1929. Univ.–Verlag Wagner, Innsbruck. 452 hlm.
- Kershaw, K.A. 1964. *Quantitative and dynamic ecology*. Edward Arnold Publishing Co. Ltd. London: 183 hlm.
- Kershaw, K. A. 1968. A survey of vegetation in Zaria Province, N. Nigeria”. *Vegetatio* 15: 244–268.
- Klapp, E. 1929. Thüringische Rhönhuten. *Wiss. Arch. Landwirtsch. Abt. Pflanzenbau* 2: 704–786.
- . 1951. Leistung, Bewurzelung und Nachwuchs einer Grasnarbe unter verschieden häufiger Mahd und Beweidung. *Zeitschr. f. Acker–und Pflanzenbau* 93: 269–286.
- Knapp, G., dan R. Knapp. 1954. Über Möglichkeiten der Durchsetzung und Ausbreitung von Pflanzenindividuen auf Grund verschiedener Wuchsformen *Ber. Deut. Botan. Ges.* 67: 410–419.
- Knapp, R. 1954. *Experimentelle Soziologie der höheren Pflanzen*. Eugen Ulmer. Stuttgart: 202 hlm. Edisi 2 1967. *Experimentelle Soziologie und gegenseitige Beeinflussung der Pflanzen*. 266 hlm.

## Daftar Pustaka

- .1971. *Einführung in die Pflanzensoziologie*. Eugen Ulmer. Stuttgart: 388 hlm.
- Knight, D. H., dan O. Loucks. 1969. A Quantitative analysis of Wisconsin forest vegetation on the basis of plant function and gross morphology. *Ecology* 50: 219–234.
- Kopp, D., dan H. Hurtig. 1965. Die forstliche Standortserkundung als Beitrag zu einer standörtlich–kartographischen Inventur der Kulturlandschaft, dargestellt am Beispiel des nordostdeutschen Tieflandes. *Arch. Naturschutz u. Landschaftsforschung* 5: 3–25.
- Köppen, W. 1936. Das Geographische System der Klimate. Vol. 1, Bag C. Dalam W. Köppen dan R. Geiger. *Handbuch der Klimatologie*. Gebr. Bornstraeger, Berlin.
- Krajina, V. J. 1933. Die Pflanzengesellschaften des Mlynica–Tales in den Vysoke Tatry (Hohe Tatra). Mit besonderer Berücksichtigung der ökologischen Verhältnisse. *Botan. Centralbl. Beih. Abt. II*, 50: 774–957: 51–224.
- .1960. Can we find a common platform for the different schools of forest–type Classification? *Silva Fennica (Helsinki)* 105: 50–59.
- .1965. Biogeoclimatic zones and biogeocoenoses of British Columbia. *Ecology of Western North America* (Published by Dept. of Botany, Univ. of British Columbia) 1:1–17.
- .1969. Ecology of forest trees in British Columbia. *Ecology of Western North America* (Published by Dept. of Botany, Univ. of British Columbia) 2: 1–147. Termasuk peta “Biogeoclimatic Zones”.
- Krajina, V. J., L. Orloci, dan R. C. Brooke. 1962. Standard forms used for ecosystem studies. Appendix K: 83–104. Dalam *Ecology of the Forests of the Pacific Northwest 1962 Program Report of NRC Grant T–92*. Dept. of Botany, Univ. of British Columbia, 104 hlm.
- Krause, W. 1952. Das Mozaik der Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Vegetationskunde. *Planta* 41: 240–289.
- Küchler, A. W. 1954. *Vegetation maps at the scale from 1:200.000 to 1:1.000.000*. Paris 8th Intern. Bot. Congress. Rapports et Communications, Section 7: 107–122.
- .1964. Potential natural vegetation of the conterminous United States. Manual to Accompany the Map. *Am. Geogr. Soc., Special Publication* No. 36. 116 hlm. Edisi peta yang direvisi, 1965.
- .1966. *International bibliography of vegetation maps*. Vol. 11: Europe. Univ. of Kansas Library Series. 584 hlm.
- .1967. *Vegetation mapping*. The Ronald Press Co. New York: 472 hlm.
- .1968. *International bibliography of vegetation maps*. Vol. III: USSR. Asia and Australia. Univ. of Kansas Library Series. 389 hlm.

## Ekologi Vegetasi

- . 1970. *International bibliography of vegetation maps*. Vol. IV. Africa, South America and the World (General). Univ. of Kansas Library Series. 561 hlm.
- . 1972. On the structure of vegetation. *Ecology* 53: 169–198.
- Küchler, A. W., dan J. McCormick. 1965. *International bibliography of vegetation Maps*. Vol. 1: North America. Univ. of Kansas Library Series. 453 hlm.
- Küchler, A. W., dan J. Sawyer, JR. 1967. A study of the vegetation near Chiangmai, Thailand. *Transact, Kansas Acad, Sci.* 70: 281–348. Termasuk peta skala 1:30.000.
- Lacza, J. S., dan G. Fekete. 1969. A survey of the plant life-form systems and the respective research approaches: I *Annales Hist–Natur. Musei Nation. Hungarici. Pars Botanica.* 61: 129–139.
- Lambert, J. M. 1948. A survey of the Rockland–Claxton Level, Norfolk. *J. Ecol.* 36: 120–135.
- Lambert, J. M., dan W. T. Williams. 1962. Multivariate methods in plant ecology: IV Nodal analysis. *J. Ecol.* 50: 775–802.
- Lauer, E. 1953. Über die Keimtemperatur von Ackerunkräutern und deren Einfluss auf die Zusammensetzung von Unkrautgesellschaften. *Flora* 140: 551–595.
- Levy, E. F., dan E.A. Madden. 1933. The point method of pasture Analysis. *New Zealand Agric. J.* 46: 267–279.
- Lewontin, R. C. 1969. The meaning of stability, hlm. 13–24. Dalam *diversity and stability of ecological systems*. Brookhaven Symposia in Biology No. 22. 264 hlm. (Direproduksi oleh Nat. Tech. Inform. Service, Springfield, VA. 22151)
- Lieth, H., dan G. W. Moore. 1971. Computerized clustering of species in phytosociological tables and its utilization for field work. I: 403–422. Dalam G. P. Patil, E. L. Pielou, dan W. E. Waters (ed.). *Special Patterns and Statistical Distributions*. Penn. State Univ. Press. 582 hlm.
- Lindsey, A. A. 1955. Testing the line strip method against full tallies in diverse forest types. *Ecology* 36: 485–495.
- Lindsey, A. A., J. D. Barton, dan S. R. Miles. 1958. Field efficiencies of forest sampling methods. *Ecology* 39: 428–444.
- Lippmaa, T. 1939. The unistratal concept of plant communities (the Unions). *Amer. Midland Naturalist* 21: 111–145.
- Lüdi, W. 1930. Die Methoden der Suksessionforschung in der Pflanzensozologie. Dalam *Abderhalden, Handb. biol. Arbeitsmeth.* 11: 527–728.
- Maarel, E. van der. 1969. On the use of ordination models in phytosociology. *Vegetatio* 19: 21–46.
- McCormick, J. 1968. Succession. *Student Publication of Grad. School of Fine Arts, Univ. of Pennsylvania, VIA* 1: 22–35, 131–132.

## Daftar Pustaka

- McCormick, J. dan M. F. Buell. 1957. Natural revegetation of a plowed field in the New Jersey Pine Barrens. *Botan. Gaz.* 118: 261–264.
- McIntosh, R. P. 1963. Ecosystem, evolution and rational patterns of living organisms. *Am. Scientist* 51: 246–267.
- .1967a. The continuum concept of vegetation. *Botan. Rev.* 33: 130–187.
- .1967b. An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology* 48: 392–404.
- .1970. Community, competition, and adaptation. *Quart. Rev. Biol.* 45: 259–280.
- McMillan, C. 1960. Ecotypes and community function. *Am. Naturalist* 94: 245–255.
- McMillan, C. 1969. Ecotypes and community function. *Bio–Science* 19: 131–134.
- McMaughton, S. J. 1968. Autotoxic feedback in relation to germination and seedling growth in *Typha latifolia*. *Ecology* 49: 367–369.
- McPherson, J. K., dan C. H. Muller. 1969. Allelopathic effects of *Adenostoma fasciculatum*, "chamise" in the California chaparral. *Ecol. Monographs* 39: 177–198.
- Major, J. 1951. A Functional, factorial approach to plant ecology. *Ecology* 32: 392–412.
- .1969. Historical development of the ecosystem concept, hlm. 6–22. Dalam G. M. Van Dyne (ed.). *The Ecosystem Concept in Natural Resource Management*. Academic Press. New York, London: 383 hlm.
- Margaleff, R. 1969. Diversity and stability: A practical proposal and a model of interindipendence. hlm. 25–37. Dalam *Diversity and Stability in Ecological Systems*. Brookhaven Symposia in Biology No. 22, 264 hlm. (Direproduksi oleh Nat. Tech. Inform. Service, Springfield, VA 22151).
- Marr, J. W. 1967. *Ecosystems of the east slope of the front range in Colorado*. Institute of Arctyc and Alpine Research, Univ. of Colorado, Contrib. No. 4. 134 hlm.
- Miller, R. S. 1967. Pattern and process in competition. *Advan. Ecol. Res.* 4: 1–74.
- Moore, G. W., W. S. Benninghoff, dan P. S. Dwyer. 1967. A computer method for the arrangement of phytosociological tables. *Proceedings, Ass. for Computing Machinery, National Meeting*. 1967. hlm. 297–299. Washington. D. C.
- Moore, G. W., S. J. Fitsimmons, E. Lambe, dan J. White. 1970. A comparison and evaluation of some phytosociological techniques. *Vegetatio* 20: 1–20.
- Moravec, J. 1971. A simple method for estimating homotoneity of sets of phytosociological relevés. *Folia Geobot. Phytotax. Praha* 6: 147–170.
- .1973. The determinimal area of phytodcoenoses. *Folia Geobot. Phytotax. Praha* 8: 23–47.
- Morisita, M. 1954. Estimation of population density by spacing method. *Mem. Fac. Sci. Kyushu University, E (Biol.)* 1: 167–197.
- Moroney, M. J. 1954. *Facts from Figures*. Penguin Books Inc. Baltimore: 472.

## Ekologi Vegetasi

- Morrison, R. G., dan G. A. Yarranton. 1970. An instrument for rapid and precise point sampling of vegetation. *Can J, Botany* 48: 293–297.
- Motyka, J., B. Dobrzanski, dan S. Zawadski. 1950. *Watene Badania nad Lakami Poludniowo–Wachodniej Lubelszczyzny (Preliminary Studies on Meadows in the Southeast of the Province Lublin)*. Ringkasan dalam bahasa Inggris). Ann. Univ. M. Curie–Skodowska, Sec. E. 5 (13): 367–447.
- Mueller–Dombois, D. 1959. *The Douglas–fir forest associations on Vancouver Island in their initial stages of secondary succession*. Ph.D. Dissertation. University of British Columbia, Vancouver, B.C. 570. hlm.
- . 1964. The forest habitat types of southeastern Manitoba and their application to forest management. *Canadian J. of Botany* 42: 1417–1444.
- . 1965a. Eco–geografic criteria for mapping forest habitats in Southeastern Manitoba. *Forestry Chronicle (Vancouver, B.C.)* 41: 188–206.
- . 1965b. Initial stages of secondary succession in the coastal Douglas–fir and Western Hemlock zones. *Ecology of Western North America (Univ. of Brit. Col.)* 1: 38–41.
- . 1966. The vegetation map and vegetation profiles. hlm. 391–441. Dalam M. S. Doty dan D. Mueller–Dombois. *Atlas for bioecology studies in Hawaii Volcanoes National Park*. Univ. of Hawaii Botan. Science Paper No. 2. 507 hlm.
- . 1967. Ecological relations in the alpine and subalpine vegetation on Mauna Loa, Hawaii. *J. Indian Botan. Soc.* 46: 403–411.
- . 1968. Vegetation cover types, Ruhuna National Park, Ceylon”. *Smithsonian–Ceylon Ecology Project Mimeo–Rep. No. 13*. 8 hlm.
- . 1969. *Vegetation map of Ruhuna National Park. 5 sheets at 1:31, 680*, Survey Dept. of Ceylon (Sri Lanka).
- . 1972. Crown distortion and elephant distribution in the woody vegetations of Ruhuna National Park, Ceylon. *Ecology* 53: 208–226.
- Mueller–Dombois, D., dan R. G. Cooray. 1968. Effects of elephant feeding on the short–grass covers in Ruhuna National Park, Ceylon. *Smithsonian–Ceylon Ecology Project Mimeo–Rep. No. 11*. 12 hlm.
- Mueller–Dombois, D., dan C. H. Lamoureux. 1967. Soil–vegetation relationships in Hawaiian Kipukas. *Pacific Science* 21: 286–299.
- Mueller–Dombois, D., dan H. P. Sims. 1966. Response of three grasses to two soils and a water table depth gradient. *Ecology* 47: 644–648.
- Mueller–Dombois, D., dan G. Spatz. 1972. *The influence of feral goats on the lowland vegetation in Hawaii Volcanoes National Park*. Island Ecosystems IRP.IBP Hawaii (Univ. Hawaii). Techn. Rep. 13. 46 hlm.

## Daftar Pustaka

- Muller, C. H. 1953. The association of desert annuals with shrubs. *Am. J. Botany* 40: 53–60.
- .1966. The role of chemical inhibition (allelopathy) in vegetational composition. *Bull. Torrey Botan. Club.* 93: 332–351.
- .1969. Allelopathy as a factor in ecological process. *Vegetatio* 18: 248–357.
- .1971. Phytotoxins as plant habitat variables, hlm. 64–72. Dalam *Biochemical interactions among plants*. National Academy Sciences, Washington D.C. 134 hlm.
- Muller, C. H., dan R. del. Moral. 1971. Roles of animals in suppression of herbs by shrub. *Science* 173: 462–263.
- Muller, W. H. dan C. H. Muller. 1956. Association patterns involving desert plants that contain toxic products. *Am. J. Botany* 43: 354–361.
- Newsome, R. D. dan R. L. Dix. 1968. The forests of the Cypress Hills, Alberta, and Saskatchewan, Canada. *Am. Midland Naturalist* 80: 118–185.
- Nichols, G. E. 1917. The interpretation and application of certain terms and concepts in the ecological classification of plant communities. *Plant World* 20: 305–319, 341–353.
- Odum, E. P. 1959. *Fundamentals of ecology*. W. B. Saunders Co. Philadelphia & London: 546 hlm.
- .1960. Organic production and turnover in old field successions. *Ecology* 41: 34–49.
- .1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262–270.
- Olsen, C. 1923. Studies in the hydrogen-ion concentration of the soil and its significance to the vegetation, especially to the natural distribution of plants. *Compt. rend. trav. Labor. Carlsberg* 75: 1–140.
- Olson, J. S. 1958. Rates of succession and soil changes on southern Lake Michigan Sand Dunes. *Botan. Gaz* 119: 125–170.
- Oosting, H. J. 1942. An ecological analysis of the plant communities of Piedmont, North Carolina. *Am. Midland Naturalist* 28: 1–126.
- Oosting, H. J. 1956. *The study of plant communities: An introduction to plant ecology*. Edisi 2. W. H. Freeman and Co. San Francisco dan London. 440 hlm.
- Orloci, L. 1966. Geometric models in ecology: I. The theory and application of some ordination methods. *J. Ecol.* 54: 193–215.
- Ovington, J. D. 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. *Adv. Ecol. Res.* 1: 103–192.
- Paine, R. T.1971. The Ecologist's oedipus complex: Community structure. *Ecology* 52: 376–377.

## Ekologi Vegetasi

- Peterken, G. F. 1967. *Guide to check sheet for IBP Areas*. IBP Handbook No. 4. Blackwell Scientific Publications. Oxford dan Edinburgh. 133 hlm.
- Peterken, A. 1927. *Die Taxation der Wiesenländereien auf Grand des Pflanzenbestandes*. Berlin.
- Philips, E. A. 1964. *Field ecology*. Heath and Co. Boston: 100 hlm.
- Pielou, E.C. 1959. The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant distribution. *J. Ecol.* 47: 607–613.
- . 1969. *An introduction to mathematical ecology*. John Wiley and Sons, Inc. New York: 286 hlm.
- Platt, J. R. 1964. Strong inference. *Science* 146: 347–353.
- Poissonet, P. 1971. Comparison des résultats obtenus par diverses méthodes d'analyses de la végétation dans une prairies permanente. hlm. 39–71. Dalam Ph. Daget (ed.). *Méthodes d'inventair phyto-écologique et agronomique*. Des Prairies Permanentes. Centre National de la Recherche Scientifique, Montpellier, France. Document No. 56.
- Poissonet, P., dan J. Poissonet. 1969. *Étude comparée de diverses méthodes d'analyses de la végétation des formations herbacées denses et permanentes*. Centre National de la Recherche Scientifique, Montpellier, France. Document No.50. 120 hlm.
- Poore, M. E. D. 1955. The use of phytosociological methods in ecological investigations. 1. The Braun–Blanquet System. *J. Ecol.* 43: 226–244. II. Practical issues involved in an attempt to apply the Braun–Blanquet system *J. Ecol.* 43: 245–269. III. Practical applications. *J. Ecol.* 43: 606–651.
- . 1962. The method of successive approximation in descriptive ecology. *Adv. Ecol. Res.* 1: 35–68.
- . 1964. Integration in plant community. *J. Ecol.* 52 (Suppl.): 213–226.
- . 1964. Studies in Malaysian Rain Forest: I. The forest on Triassic sediments in Jengka Forest Reserve. *J. Ecol.* 56: 143–196.
- Preston, F. W. 1969. Diversity and stability in the biological world. hlm. 1–12. Dalam *Diversity and stability in ecological systems*. Brookhaven Symposia in Biology No. 22. 264 hlm. (Direproduksi oleh Nat. Tech. Inform. Service, Springfield, Va. 22151).
- Quarterman, Elsie. 1957. Early succession on abandoned cropland in the central basin Tennessee. *Ecology* 38: 300–309.
- Quenouille, M. H. 1950. *Introductory statistics*. Pergamon Press, London. 248 hlm.
- . 1953. *The design and analysis of experiment*. C. Griffin and Co. London: 356 hlm.
- Raabe, E. W. 1952. Über den “Affinitätswert” in der Pflanzensoziologie. *Vegetatio* 4: 53–68.



## Daftar Pustaka

- Radermacher, B. 1959. Gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen. *Handbuch der Pflanzensoziologie* 11: 655–706.
- Ramensky, L. G. 1924. Die Grundgesetzmäßigkeiten im Aufbau der Vegetationsdecke. *Botan. Centralbl.*, N.F. 7: 453–455.
- .1930. Zur Methodik der Vergleichenden Bearbeitung und Ordnung von Pflanzenlisten und anderen objekten, die durch mehrere, verschiedenartig wirkende faktoren bestimmt werden. *Beitr. Biol.Pflanz.* 18: 269–304.
- Raunkiaer, C. 1913. Formationsstättistische Underøgelser paa Skagens Odde. *Bot. Tidsskr. Kobenhavn* 33: 1970228.
- .1918. Recherches statistiques sur les formations végétales. *Det. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Medd.* 1: 1–80.
- .1934. *The life forms of Plants and statistical plant geography: being the collected papers of C. Raunkiaer.* Translated into English by H. G. Carter, A. G. Tansley, and Miss Fausboll. Clarendon, Oxford. 634.
- .1937. *Plant life forms.* Clarendon, Oxford. 104 hlm.
- Reichle, D. E. (ed.). 1970. *Analysis of temperate forest ecosystems.* Springer. New York: 304 hlm.
- Rice, E. L. 1964. Inhibition of nitrogen fixing and nitrifying bacteria by seed plants. *Ecology* 45: 824–837.
- .1967. A statistical method of determining quadrat size and adequacy of sampling. *Ecology* 48: 1047–1049.
- Rice, E. L., dan R. W. Kelting. 1955. The species–area curve. *Ecology* 36: 7–11.
- Rice, E. L., dan W. T. Penfound. 1955. An evaluation of the variable–radius and paired–tree methods in the blackjack–post oak forest. *Ecology* 36: 315–320.
- Rice, E. L., dan W. T. Penfound. 1959. The upland forest of Oklahoma. *Ecology* 40: 593–608.
- Rice, E. L., W. T. Penfound, dan R. M. Rohrbaugh. 1960. Seed dispersal and mineral nutrition in succession in abandoned fields in central Oklahoma. *Ecology* 41: 224–228
- Richmond, T. de A., dan D. Mueller–Dombois. 1972. Coastline ecosystems on Oahu, Hawaii. *Vegetatio* 25: 367–400.
- Risser, P. G., dan E. L. Rice. 1971. Phytosociological analysis of Oklahoma upland forest species. *Ecology* 52: 940–945.
- Risser, P. G., dan P. H. Zedler. 1968. An evaluation of the grassland quarter method. *Ecology* 49: 1006–1009.
- Roux, E. R., dan M. Warren. 1963. Plant succession of abandoned fields in central Oklahoma and the Transvaal Highland. *Ecology* 44: 576–579.

- Rowe, J. S. 1959. *Forest region of Canada*. Canada Dept. of Northern Affairs and Nat. Resources, Forestry Branch Bull. 123. 71 hlm. Termasuk peta 1957 "Forest Classification of Canada". Edisi 3. 1972.
- Rowe, J. S., P. G. Haddock, G. A. Hills, V. J. Krajina, dan A. Lintau. 1961. The ecosystem concept in forestry. hlm. 55–57. Dalam V. J. Krajina (ed.). *Ecology of the Forests of the Pacific Northwest*. 1960. Progress Report. Univ. of British Columbia, Vancouver, B.C. 62 hlm.
- Rübel, E. 1922. *Geobotanische Untersuchungsmethoden*. Gebr. Borntraeger. Berlin. 290 hlm.
- .1933. Geographie der Pflanzen 3. Soziologir. *Handwörterbuch d. Naturwiss. Jena*: 1044–1071
- St. John, Harold. 1972. *Canavalia kauensis* (Leguminosae) a new plant species from the Island of Hawaii". Hawaiian Plant Studies 39. *Pacific Science* 26: 409–414.
- Scamoni, A. 1954. Zur Frage der Charakterarten in der Vegetationskunde. *Wiss. Z. Humboldt Univ. Berlin, Math, Nat. Reihe* 3: 3 39–343.
- Schimper, A. F. W. 1898. *Pflanzengeographie auf ökologischer Grundlage*. Edisi 3. 1935, oleh F. C. V. Faber. Vol I: 1–588, Vol II: 589–1612.
- Schlenker, G. 1950. Forstliche Standortskartierung in Württemberg. *Allg. Forstzeitschr.* 40/41: 1–4.
- .1951. Regionalgesellschaft, Standortgesellschaften, und Bodenvegetationstypen. *Mitt. Vereind für forstliche Standortskartierung* 1: 22–26.
- Schmelz, D. 1969. Testing the quarter method against full tallies in old-growth forests. *Indiana Academy of Science Proceedings* 79:138.
- Schmid, E. 1954. Anleitung zu Vegetationsaufnahmen. *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich* 99, Beihl 1: 1–37.
- .1963. Die Erfassung der Vegetationseiheiten mit floristischen und epimorphologischen Analysen. *Ber. Schweiz, Bot Ges.* 73: 276–324.
- Schmiethüsen, J. 1959. *Allgemeine Vegetationsgeographie*. Waalter de Gruyter and Co. Berlin: 261 hlm.
- .1968. *Vegetation maps at 1:25 million of Europe, North Asia, South Asia, SW Asia, Australia, N. Africa, S. Africa, N. America, Central America, South America (north part), South America (South Part)* XVIII: 321–346. Dalam *Grosses Duden-Lexikon* (Bibliographisches Institut A. G. Mannheim).
- Schönhar, S. 1954. Die Bodenvegetation als Standortsweser. Ein Beitrag zur forstlichen Vegetationskunde Südwestdeutschlands. *Allg Forst-und Jagdztg.* 125: 259–265.
- Schouw, J. F. 1823. *Grundzüge einer Allgemeinen Pflanzengeographie*. Berlin. (Dalam Bahasa Denmark, Copenhagen, 1822).

## Daftar Pustaka

- Schröter, C. 1904. *Das Pflanzenleben der Alpen*. Eine Schilderung der Hohgebirgsflora, Edisi 2. 1923–1926. Albert Raustein, Zurich. Vol. I: 1–833, Vol. II: 845–1288.
- Schröter, C., dan O. Kirchner. 1896/1902. *Die Vegetation des Bodensees, Kommissionsverlag der Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees u. seiner Umgebung (von J. T. Stettner)*. Lindau, I. 122 hal. II. 865 hlm.
- Schwerdtfeger, F. 1963. *Autökologie*. Paul Parey, Hamburg dan Berlin, 461 hlm.
- Schwickerath, M. 1940. Die Artmächtigkeit. *Repert. Spec. Nov.* 121: 48–52.
- . 1954. *Die Landschaft und ihre Wandlung*. Dr. Rudolf Georgi, Aachen. 118 hlm.
- Sendtner, O. 1854. *Vegetationsverhältnisse Südbayerns*. Literarischartistische Anstalt, Munich. 910 hlm.
- Shanks, R. E. 1954. Plotless sampling trials in Apalachian forest types. *Ecology* 35: 237–244.
- Shelford, V. E. 1963. *The ecology of North America*. Univ. of Illinois Press. Urbana: 610 hlm.
- Shimwell, D. W. 1972. *The description and classification of vegetation*. Univ. of Washington Press. Seattle: 322 hlm.
- Silva Fennica. 1960. Forest types and forest ecosystems, vol. 105. Helsinki. 142 hlm. (Berisi makalah yang disampaikan pada Symposium on Ecosystems pada the 9th Intern. Bot. Congress di Montreal, 1959).
- Slobodkin, L. B., dan I. Sanders. 1969. On the contribution of environmental predictability to species diversity. hlm 82–95. Dalam *Diversity and stability in ecological systems*. Brookhaven Symposia in Biology No. 22. 264 hlm. (Direproduksi oleh Nat. Tech. Inform. Service, Springfield, Va. 22151).
- Smathers, G. A. dan D. Mueller–Dombois. 1972. *Invasion and recovery of vegetation after volcanic eruption in Hawaii*. Island Ecosystems IRP/IBP Hawaii (Univ. Hawaii). Tech. Rep. 10, 172 hlm.
- Snow, L. M. 1913. Progressive and retrogressive changes in the plant associations of Delaware Coast. *Botan. Gaz.* 55: 45–55.
- Sokal, R. R., dan C. D. Michener. 1958. A Statistical method for evaluating systematic relationships. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 38: 1409–1438.
- Sokal, R. R., dan P. H. A. Sneath. 1963. *Principles of numerical taxonomy*. Freeman, San Francisco. 359 hlm.
- Sørensen, T. 1948. A Method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *Det. Kong. Danske Videnjsk. Selsk. Biol. Skr. (Copenhagen)* 5(4): 1–34.
- Spatz, G. 1969. Elektronische Datenverarbeitung bei pflanzensoziologischer Tabellenarbeit. *Naturwissenschaften (Heidelberg)* 56: 470–471.

- .1970. *Pflanzengesellschaften, Leistungen, und Leistungspotential von Allgäuer Alpweiden in Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftung*. Dissertation (Dr. agr.), Techn. Univ. Munich. 160 hlm.) + 20 tabel lepas dan peta 1: 5000.
- .1972. *Eine Möglichkeit zum Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung bei pflanzensoziologischer Tabellenarbeit*. hlm. 251–261. Dalam E. van den Maarel dan R. Tüxen (eds.) Ber. Intern. Vereinigung f. Vegetationskunde 1970 (Masalah dasar dan metode fitosodologi). W. Junk, The Hague.
- Spatz, G., dan D. Mueller–Dombois. 1972. *Succession patterns after pig digging in grassland communities on Mauna Loa, Hawaii*. Island Ecosystems IRP/1BP Hawaii (Univ. Hawaii), Tech, Rep. 15. 44 hlm.
- Spatz, G., dan D. Mueller–Dombois. 1973. The influence of goats on koa tree reproduction in Hawaii Volcanoes National Park”. *Ecology* 54: 870–876.
- Spatz, G. dan J. Siegmund. 1973. Eine Methode zur tabellarischen Ordination, Klassifikation und ökologischen Auswertung von pflanzensoziologischen Bestandsaufnahmen. *Vegetatio* 28: 1–17.
- Stebler, F. G. dan C. Schröter. 1887. Einfluss des Beweidens auf die Zusammensetzung des Rasens. *Landw. Jahrbuch d. Schweiz (Bern)* 1: 77–190.
- Stebler, F. G. dan C. Schröter. 1892. Versuch einer Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz. *Landwirtsch. Jb. Schweiz* 8: 6–95.
- Stern, W. L., dan M. F. Buell. 1951. Life–form spectra of New Jersey pine barrens forest, and Minnesota jack pine forest. *Bull. Torrey Botan. Club* 78: 61–65.
- Steubing, Lore. 1965. *Pflanzenökologisches Praktikum*. Paul Parey, Berlin, Hamburg. 262 hlm.
- Sukachev, V. N. 1928. Principles of classification of the spruce communities of European Russia. *J. Ecol.* 16: 1–16.
- .1932. Die Untersuchung der Waldtypen des osteuropäischen Flachlandes. XI: 191–250. Dalam E. Abderhalden (ed.). *Hanb. Biol. Arbeitsmethoden*. Urban and Schwarzenberg, Berlin dan Vienna.
- .1945. Biogeocoenology and phytocoenology. *C. R. Acad. Sci. U.S.S.R.* 47: 429–431.
- Sukachev, V., dan N. DYLLIS. 1964. *Fundamentals of forest biogeocoenology*. Diterjemahkan oleh J. M. MacLennan (1968). Oliver dan Boyd, Edinburgh dan London, 672 hlm.
- Swan, J. M. A., dan R. L. Dix. 1966. The phytosociological structure of upland forest at Candle Lake, Saskatchewan. *J. Ecol.* 54: 13–40.
- Swan, J. M. A., R. L. Dix, dan C. F. Wehrhan. 1969. An ordination technique based on the best possible stand–defined axes and its application to vegetational analysis. *Ecology* 50: 206–212.

## Daftar Pustaka

- Tansley, A. G. 1920. The classification of vegetation and the concepts of development. *J. Ecol.* 8: 118–149.
- .1929. Succession, the concept and its values. *Proceed. Intern. Congress of Plant Sci. Ithaca.* 1926: 677–686.
- .1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16: 284–307.
- .1939. *The British Islands and their vegetation*. Edisi 2. 1953. Univ. Press. Cambridge. Vol. 1: 1–484, Vol. II: 487–930.
- .1946. *Introduction to plant ecology*. Edisi 2. 1949. Unwin Bros. Ltd. London: 260 hlm.
- Tansley, A. G., dan T. F. Chipp. 1926. *Aims and methods in the study of vegetation*. The British Empire Vegetation Committee. Whitefriars Press. London. 383 hlm. (Library of Congress K51.T3).
- Turesson, G. 1922. The genotypical response of the plant species to the habitat. *Hereditas* 3: 211–350.
- .1923. The scope and import of genecology. *Hereditas* 4: 171–176.
- .1925. The plant species in relation to habitat and climate”. *Hereditas* 6: 147–236.
- .1927. Habitat and genotypic changes, a reply. *Hereditas* 8: 156–206.
- .1930. The selective effects of climate upon the plant species. *Hereditas* .14: 99–152.
- Turesson, G. 1931. The geographical distribution of the alpine ecotype of some Eurasiatic plants. *Hereditas* 15: 329–346.
- Tüxen, R. 1933. Klimaxprobleme des Nordwesteuropäischen Festlandes. *Nederl. Kruidkund. Arch.* 43: 293–309.
- .1937. Die pflanzengesellschaftlichen Nordwestdeutschlands. *Mitt. Florist. Soziol. Arbeitsgem. Niedersachsen* 3: 1–170.
- .1947. Der pflanzensoziologische Garten in Hannover und seine bisherige Entwicklung. *94th–98th Jb. Naturhistor. Ges. Hannover (1942/3–1946/7)*: 113–288.
- .1950a. Grundriss einer Systematik der nitrophilen Unkrautgesellschaften in der Eurosibirischen Region Europas. *Mitt. Florist. Soziol. Arbeitsgem.* N. F. 2: 94–175.
- .1950b. Pflanzensoziologie als unentberliche Grundlage der Landeswirtschaft. *Studium Generale* 3: 396–404.
- .1956. Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung”. *Angew. Pflanzensoziol. (Stolzenau, Weser)* 13: 5–42.

## Ekologi Vegetasi

- . (ed.). 1970. *Gesellschaftsmorphologie (Strukturforschung): Bericht über das Internationale Symposium der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde in Rinteln*. 4–7 April 1966. W. Junk, The Hague. 360 hlm.
- Tüxen, R., dan H. Diemont. 1937. Klimaxgruppe und Klimaxschwarm. *Jahresher. Naturhist. Ges. Hannover* 88/89: 73–87.
- Tüxen, R., dan H. Ellenberg. 1937. Der systematische und der ökologische Gruppenwert. Ein Beitrag zur Begriffsbildung und Methodik in der Pflanzensoziologie. *Mitt. Florist. Soziol. Arbeitsgem. Soziol. Arbeitsgem.* :171–184.
- Tüxen, R., dan E. Preisig. 1942. Grundbegriffe und Methoden zum Studium der Wasser- und Sumpfpflanzen-Gesellschaften. *Deut. Wasserwirtsch.* 37: 10–17, 57–69.
- Unger, F. 1836. *Über den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse, nachgewiesen in der Vegetation des nördöstlichen Tirols*. Rohrmann dan Schweigert, Vienna. 368 hlm.
- Vries, D. M. de. 1949. Method and survey of the characterization of Dutch grasslands. *Vegetatio* 1: 51–58.
- . 1952. Objective combination of species. *Acta Bot. Neerlandica.* 1: 497– 499.
- . 1954. Ecological results obtained by the use of interspecific correlation. *European Grassland Conference*, hlm 32–36. O.E.E.C. Paris.
- Vries, O. de. 1934. Unkräuter und Säuregrad. *Z. F. Pflanzenähr., Düngung u. Bodenkunde* 13: 356–360.
- Wacker, F. W. 1943. Vergleichende Prüfung von landwirtschaftlich brauchbaren Verfahren der Grünlandbestanderuntersuchung. *Pflanzenbau* 19: 326–363.
- Walker, B. H., dan C. F. Wehrhan. 1947. Relationships between derived vegetation gradient and measured environmental variables in Saskatchewan wetlands. *Ecology* 52: 85–95.
- Walter, H. 1937. Pflanzensoziologie und Sukzessionslehre. *Z. f. Botanik* 31: 545–559.
- . 1943. *Die Vegetation Osteuropas*. Paul Parey, Berlin: 180 hlm.
- . 1954. Klimax und zonale Vegetation. *Angew. Pflanzensoziol.* Vienna, Festschr. Aichinger 1: 144–150.
- . 1960. *Grundlagen der Pflanzenverbreitung*. I. Teil. Standortslehre. Edisi 2. Eugen Ulmer, Stuttgart. 586 hlm.
- . 1964. *Die vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung*. Band I: Die tropische und subtropischen Zonen. Edisi 2. VEB Fischer, Jena. 592.
- . 1971. *Ecology of tropical and subtropical vegetation*. (Diterjemahkan oleh D. Mueller-Dombois, disunting oleh J. H. Burnett). Oliver and Boyd, Edinburgh. 539 hlm.

## Daftar Pustaka

- Walter, H., dan H. Straka. 1970. *Arealkunde. Floristisch–historische Geobotanik*. Edisi 2. Stuttgart: Eugen Ulmer. 478 hlm.
- Walter, H., dan E. Walter. 1953. Einige allgemeine Ergebnisse unserer Forschungsreise nach Südwestafrika 1952/1953: Das Gesetz der relativen Standortskonstanz: das Wesen der Pflanzengemeinschaften". *Ber. Deut. Botan. Ges.* 66: 227–235.
- Warming, E. 1909. *Oecology of plants. an introduction to the study of plant communities*. Oxford University Press. London. 422 hlm. (Edisi bahasa Inggris yang telah dimodifikasi dari publikasi aslinya dalam bahasa Denmark: *Plantefund.* 1895). Cetakan Kedua. 1935.
- Webb, L. J. 1968. Environmental relationships of the structural types of Australian Rain forest vegetation. *Ecology* 49: 296–311.
- Webb, L. J., J. G. Tracey, dan K. P. Haydock. 1967. A factor toxic to seedlings of the same species associated with living roots of the non gregarious subtropical rain forest tree *Grevillea robusta*. *J. Appl. Ecol.* 4: 13–25.
- Webb, L. J., J. G. Tracey, W.T. Williams, dan G. N. Lance. 1970. Studies in the numerical analysis complex rain forest communities. V. A comparison of the properties of floristic and physiognomic–structural data. *J. Ecol.* 58: 203–232.
- Wehsarg, O. 1954. *Ackerunkräuter*. Akademie–Verlag. Berlin. 294 hlm.
- Wendelberger, G. 1953. Über einige hochalpine Pioniergesellschaften aus der Glockner– und Muntanitzgruppe in de Hohen Tauern". *Verh. Zool.–bot. Ges. Vienna* 93:100–109.
- Went, F. W. 1942. The dependence of certain annual plants on shrubs in southern Californian deserts. *Bull. Torey Botan. Club* 69: 100–114
- Whittaker, R. H. 1951. A criticism of plant association and climax concepts. *Nortwest Sci.* 25: 17–31.
- . 1953. A consideration of climax theory: The climax as a pipulation and pattern. *Ecol. Monographs* 23: 41–78.
- . 1954. Plant populations and the basis of plant indication. *Angew. Pflanzensoziol. (Vienna) Festschrift Aichinger*. I: 183–206.
- . 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. *Ecol. Monographs* 26: 1–80.
- . 1957. Recent evolution of ecological concepts in relation to eastern forests of North America. *Am. J. Botany* 44: 197–206.
- . 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol. Monographs* 30: 279–338.
- . 1962. Classification of natural communities. *Botan. Rev.* 28: 1–239.

- .1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 42 (salah cetak sebagai Vol. 49): 207–264.
- .1970. *Communities and ecosystems*. Macmillan Co., Collier–Macmillan Ltd., London. 162 hlm.
- .1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213– 251.
- Whittaker, R. H., dan P. P. Feeny. 1971. Allelochemicals: chemical interactions between species. *Science* 171: 757–770.
- Whittaker, R. H. dan G. M. Woodwell. 1972. Evolution of natural communities, hlm. 137–159. Dalam J. W. Wiens (ed.). *Ecosystem structure and function*. Oregon State Univ. Press.
- Williams, W. T., dan J. M. Lambert. 1959. Multivariate methods in plant ecology: I. Association analysis in plant communities. *J. Ecol.* 47: 83–101.
- Williams, W. T., dan J. M. Lambert. 1959. Multivariate methods in plant ecology: II. The use of electronic digital computer for association analysis. *J. Ecol.* 48: 689–710.
- Williams, W. T., dan J. M. Lambert. 1959. Multivariate methods in plant ecology: III. Inverse association analysis. *J. Ecol.* 49: 717–730.
- Wilson, E. O. 1969. The species equilibrium, hlm. 36–47. Dalam *Diversity and stability in ecological systems*. Brookhaven Symposia in Biology No. 22. 264 hlm. (Direproduksi oleh Nat. Tech. Inform. Service, Springfield, Va. 22151).
- Wimbush, D. J., M. D. Barrow, dan A. B. Costin. 1967. Color stereophotography for the measurement of vegetation. *Ecology* 48: 150–152.
- Winkworth, R. E., dan D. W. Goodall. 1962. A crosswire sighting tube for point quadrat analysis. *Ecology* 43: 342–343.
- Woltereck, R. 1928. Über die Spezifität des Lebensraumes, der Nahrung und der Körperformen bei pelagischen Cladoceren und über “Ökologische Gestalt-Systeme”. *Biol. Zentralblatt* 48: 521–551.
- Zahner, R., dan N. A. Crawford. 1965. The clonal concept in aspen site relations. Chap. 18: 229–243. Dalam *Forest–Soil relationships in North America*. Second North Am. Forest Soils Conference. Oregon State Univ. Press. 532 hlm.
- Zoller, H. 1954. Die Typen der *Bromus erectus*–Wiesen des Schweizer Juras. *Beitr. z. Geobot. Landesaufnahme der Schweiz*. 33. 309 hlm.





## INDEKS PENGARANG

- Agnew, A.D.Q., 264  
Aichinger, E., 416  
Alechin, W.W., 29, 335  
Ashby, E., 42  
Ashton, P.S., 56  
Atkinson, I.A.E., 425, 441  
Austin, M.P., 315  
Bailey, A.W., 68  
Baker, H.G., 367 402  
Barbour, M.G., 373, 385  
Barrow, M.D., 91  
Bartholomew, B., 392  
Barton, J.D., 131–132, 145  
Batcheler, C.L., 130-131  
Beals, E., 304, 308  
Beard, J.S., 164, 166  
Bell, J.F., 116  
Benninghoff, W.S., 62, 118  
Beschel, R.E., 38  
Billings, W.D., 369  
Bitterlich, W., 113–118  
Björkmann, o., 367, 384, 402  
Bliss, L.C., 140-141, 148  
Bonner, J., 391  
Bormann, F.H., 76, 101, 137–138, 146  
Börner, H., 391, 393  
Bourdeau, P.F., 138, 146  
Boysen-Jensen, P., 387  
Branson, F.A., 143, 149  
Braun, E.L., 416  
Braun-Blanquet, J., 8, 13, 24–26, 36, 38, 49,  
60, 62–71, 78, 159, 161, 172  
Bray, J.R., 39, 139, 146–147, 243, 248, 300,  
302–304  
Brockmann-Jerosch, H., 172  
Brooke, R.C., 61  
Brookhaven Symposium, 447  
Buell, M.F., 100-101, 137–138, 146, 161,  
433  
Bülow, K. von, 443  
Burger, D., 484  
Cain, S.A., 36, 40, 49–54, 79-82, 442  
Cajander, A.K., 172, 233, 379  
Canfield, R., 101  
Cantlon, J.E., 100-101  
Caplenor, D., 125  
Caputa, J., 388  
Castro, G.M. De O., 36, 40, 80–82  
Catana, H.J., 129  
Cattell, R.B., 270  
Ceska, A., 292  
Churchill, E.D., 49  
Clapham, A.R., 76  
Clausen, J., 232, 402  
Clements, F.E., 14, 23–25, 172, 175, 192–  
195, 407, 411–412, 449  
Cole, L.C., 250  
Conway, V.M., 38  
Coombe, D.E., 91  
Cooper, W.S., 14, 412, 419, 438  
Cooray, R.G., 95, 405  
Costin, A.B., 91  
Cottam, G., 16, 121–125, 131  
Cowles, H.C., 14, 413, 426–427, 447  
Cramer, K.J., 118  
Crawford, N.A., 27  
Cristofolini, G., 270  
Curtis, J.T., 14–16, 26, 35, 38–39, 48, 61, 82,  
107, 120–125, 131, 139, 146–148, 243,  
248, 300–304, 417  
Daget, P., 86, 243  
Dagnelie, P., 250, 316–318  
Dahl, E., 48  
Dansereau, P., 6, 28, 155, 175, 177, 300  
Darwin, C.R., 401

## Indeks Pengarang

- Daubenmire, R.F., 9  
 Diels, L., 172  
 Diemont, H., 443  
 Dierschke, H., 165, 170  
 Dilworth, J.R., 116  
 Dix, R.L., 124–125, 139–140, 146–148,  
 304, 309–312, 315  
 Dobrzanski, B., 243  
 Domin, K., 66, 442  
 Drude; O., 13, 172  
 Ducker, S.C., 325  
 Du Rietz, G.E., 172, 192, 440, 442, 456.  
 Dylis, N., 19  
 Eber, W., 100  
 Eberhardt, E., 22  
 Egler, F.E., 371, 435, 447  
 Ellenberg, H., 6, 88, 159–162, 180–183,  
 188–191, 239–242, 244, 247, 270, 272,  
 338, 339, 341, 344, 363, 381, 385, 388,  
 396, 434, 443, 462, 473, 497, 520  
 Evans, F.C., 21  
 Evans, G.C., 91  
 Evenari, M., 391  
 Feeney, P.P., 391, 413  
 Fekete, G., 159  
 Flahault, C., 27, 49  
 Fosberg, F.R., 21, 88, 135, 155, 173, 175–  
 181, 448  
 Gams, H., 162, 183, 408–410, 439–440  
 Garrison, G.A., 99  
 Gates, F.C., 38  
 Gause, G.F., 400  
 Gaussen, H., 463, 469  
 Gerard, R.W., 39  
 Gerresheim, K., 470  
 Gilmour, J.S.L., 7  
 Ginzberger, A., 159  
 Glavač, V., 361, 452  
 Gleason, H. A., 14–15, 25–26, 35, 77, 237,  
 241, 247, 362  
 Good, R.D., 396  
 Goodall, D.W., 16, 37–38, 83, 93–89, 259,  
 266–268, 299, 324  
 Goulden, C.E., 404  
 Gower, J.C., 324  
 Graebner, P., 172  
 Greene, H.C., 82  
 Greig-Smith, P., 9, 16, 42, 76, 78–84, 128,  
 261, 270  
 Grisebach, A., 6,  
 Grodzinskij, A.M., 391  
 Grosenbaugh, L.R., 113–114, 118  
 Grümmer, G., 391  
 Habek, J.R., 125  
 Haeckel, E., 7  
 Hale, B.W., 121–122, 125  
 Hanawalt, R.B., 392  
 Hanson, H.C., 49  
 Harper, J.L., 403  
 Harris, G.A., 386  
 Haug, P.T., 433  
 Heslop-Harrison, J., 7  
 Hiesey, W.M., 232, 367, 384, 402  
 Hills, A., 22  
 Horvat, J., 396, 452  
 Huber, H., 262–263  
 Hult, R., 164  
 Humboldt, A. von, 6, 11  
 Hurtig, H., 22  
 Jaccard, P., 236–239, 246–247, 251  
 Janzen, D.H., 369  
 Keck, D.D., 232, 402  
 Kever, C., 433  
 Keller, B.A., 335  
 Kelting, R.W., 54, 81  
 Kerner v. Marilaun, A., 165  
 Kershaw, K.A., 9, 16, 62, 66, 85, 156–157,  
 253, 262, 411  
 Kirchner, O., 7  
 Klapp, E., 68  
 Klotzli, F., 273  
 Knapp, G., 387  
 Knapp, R., 379, 387  
 Knight, D.H., 73  
 Kopp, D., 22  
 Köppen, w., 187  
 Krajina, V.J., 6, 22, 49, 61, 64, 66, 67, 185,  
 187, 348, 445, 463, 484  
 Krause, W., 458  
 Küchler, A.W., 17, 157, 177, 463, 468, 473  
 Lacza, J.S., 159  
 Lambert, J.M., 248, 266–269, 324  
 Lamoureux, C.H., 376  
 Lance, G.N., 325

## Ekologi Vegetasi

- Lange, R.T., 373  
Lauer, E., 375  
Levy, E.E., 93  
Lewontin, R.C., 447  
Lieth, H., 292  
Lindsey, A.A., 131–132, 145  
Lippmaa, T., 29  
Loucks, O.L., 73  
Llidi, W., 371, 440  
Maarel, E. van der, 292, 315  
McCormick, J., 16, 433, 435, 463  
Mcintosh, R.P., 31, 39, 50, 55, 300–301, 363, 417  
McMillan, C., 14  
McNaughton, S.J., 393  
McPherson, J.K., 392  
McQueen, I.S., 143–144  
Madden, E.A., 93  
Major, J., 18, 368  
Margaleff, R., 448  
Marr, J.W., 21, 37  
Mattick, F., 172  
Michener, C.D., 325  
Miles, S.R., 131, 145  
Miller, R.F., 143  
Miller, R.S., 382, 402  
Moore, G.W., 292  
Moore, J.J., 258  
Moravec, J., 48, 55  
Morisita, M., 124  
Moroney, M.J., 259, 261, 323  
Morrison, R.G., 99  
Motyka, J., 243 248  
Mueller-Dombois, D., 22, 27, 74, 89, 95, 159, 167, 180, 347, 350, 354–356, 376–377, 386, 389, 403, 405, 420, 422–423, 436, 464, 466, 472, 497, 520, 553, 559  
Muller, C.H., 391, 392  
Muller, W.H., 391  
Newsome, R.D., 124, 139, 146–148, 304, 309, 312  
Nichols, G.E., 24  
Nobs, M.A., 367, 384, 402  
Odum, E.P., 9, 14, 19, 21, 413, 433, 447  
Olsen, C., 339, 379, 381  
Olson, J.S., 428  
Oosting, H.J., 9, 49, 76 138, 146, 433  
Orloci, L., 61, 315  
Ovington, J.D., 14, 20  
Paine, R.T., 157  
Passarge, H., 22  
Penfound, W.T., 115, 434  
Peterken, G.F., 12, 182  
Petersen, A., 192  
Pielou, E.C., 16, 121, 125  
Platt, J.R., 33  
Poissonet, J., 94, 96, 243  
Poissonet, P., 94, 96  
Poore, M.E.D., 22, 29, 30, 34, 41, 401  
Poulton, C.E., 68  
Preston, F.W., 447  
Preising, E., 429, 432, 440, 459  
Quarterman, E., 433  
Quenouille, M.H., 321  
Raabe, E.W., 48  
Rademacher, B., 391  
Ramensky, L.G., 362  
Raunkiaer, C., 78, 80, 159–161,  
Reichle, D.E., 180  
Rice, E.L., 54, 81–82, 88, 393, 434  
Richmond, T. de A., 167  
Risser, P.G., 125, 134  
Roemer, H., 292  
Rohrbaugh, L.M., 434  
Roux, E.R., 434  
Rowe, J.S., 22, 463  
Rübel, E., 6  
St. John, H., 376  
Sanders, H.L., 404  
Sawyer, J.O., Jr., 464  
Scamoni, A., 232  
Schimper, A.F.W., 13, 172–173  
Schlenker, G., 22, 335–336  
Schmelz, D., 126  
Schmid, E., 17, 172, 483–484  
Schmithüsen, J., 457, 463  
Schönhar, S., 338  
Schouw, J.F., 11  
Schröter, C., 7,  
Schwerdtfeger, F., 7  
Schwickerath, M., 64, 458  
Sendtner, O., 13  
Shanks, R.E., 115  
Shelford, V.E., 456

## Indeks Pengarang

- Shimwell, D.W., 156  
Siegmund, J., 3 25  
Sims, H.P. 389, 403  
Slobodkin, L.B., 404  
Smathers, G.A., 420, 422–423  
Sneath, P.H.A., 250, 258, 270, 325  
Snow, L.M., 428  
Sokal, R.R., 250, 258, 270, 325  
Sørensen, T., 238–239, 244, 246–247,  
Spatz, G., 74, 245–247, 274–277, 280, 285,  
287, 290, 291, 303, 325, 328, 376, 386  
Stadlmann, J., 159  
Stebler, F.G., 40, 74, 233,  
Stern, W.L., 161  
Steubing, L., 375  
Straka, H., 17, 396  
Sukachev, V., 19, 22, 172, 348, 473–474  
Swan, J.M.A., 304, 312  
Tansley, A.G., 15, 18, 24, 172, 192, 407,  
413, 428, 442  
Tracey, J.G., 395  
Turesson, G., 402  
Tlixen, R., 24 157, 161–162, 232, 429, 432,  
440, 443, 459, 466–467  
Unger, F., 13  
Vries, D.M. de, 39, 255–258, 262–264  
Vries, O. de, 379, 385  
Walker, B.H., 142, 148  
Walter, E., 232  
Walter, H., 8, 17, 27, 29, 73, 232, 375,  
390, 396, 404, 447, 451  
Warming, E., 13, 23, 172, 233, 333, 335  
Warren, M., 434  
Webb, L.J., 395  
Webber, P.J., 38  
Wehrhan, C.F., 142, 148, 315,  
Wehsarg, O., 373  
Wendelberger, G., 418  
Went, F.W., 392  
Whittaker, R.H., 15–16, 26, 30, 39, 132,  
157, 193, 335, 357–362–366, 401, 404,  
413, 1953, 449  
Williams, W.T., 248, 266–270, 325  
Wilson, E.O., 386, 402, 448–449  
Wimbush, D.J., 91  
Winkworth, R.E., 98  
Witt, A.A., 400  
Woltereck, R., 17  
Woodwell, G.M., 404  
Yarranton, G.A., 99  
Zahner, R., 27  
Zawadski, S., 243  
Zedler, P.H., 125  
Zoller, H., 70

## INDEKS SUBJEK

- Adaptasi, 404
- Alat bantu pemetaan, 469–473  
foto udara, 459, 469–471  
kunci-kunci, 472–473  
peta topografi, 469
- Alelopati, 391–395  
definisi, 391  
di kaparal Kalifornnia, 391–392  
intraspesifik, 393–395
- Aliansi, identifikasi, 233–234
- Aliran paham Wisconsin, *lihat juga* Analisis kontinum
- Amplitudo kelompok jenis,  
dan pH tanah, 340  
kelas Ellenberg, 338–339  
di Jerman Barat Laut, 224–225  
di Manitoba Tenggara, 356  
kelas Whittaker, 359  
*Lihat juga* Sebaran Jenis  
*Lihat juga* Sebab-sebab pembentukan komunitas
- Amplitudo pH, monokultur vs kultur campuran, 378–383
- Analisis,  
definisi, 80  
frekuensi lokal, 80  
gugus, 325  
kuadrat meter pesegi, 91  
kuantitatif lapangan, contoh, 135–152  
hutan Cypress Hills, Alberta dan Saskatchewan (Newsome & Dix), 139–140  
hutan di Amerika Utara bagian Barat (Daubenmire), 136  
hutan Kayukeras-Tsuga. (Bormann & Buell), 137–138  
hutan Pasang, Carolina Utara. (Bourdeau & Oosting), 138  
hutan tanah tinggi di Bagian Selatan Wisconsin. (Bray & Curtis), 139  
komunitas terna lahan-basah, Saskatchewan (Walker & Wehrhan), 141  
komunitas perdu dan rumput di Montana (Branson *et al.*), 143–144  
komunitas alpin di New Hampshire (Bliss), 140–142  
dibandingkan dengan metode releve, 145–151
- landaian,  
lingkungan, 357–366  
Whittaker, 357–366, *lihat juga* Analisis landaian lingkungan
- lapangan,  
contoh-contoh analisis lapangan secara kuantitatif, 135–152,  
normal, 269  
penentuan area minimum, 81  
sebab-musabab komunitas tumbuhan, 367, 406  
semi kuantitatif, *lihat* Analisis releve terbalik, 269
- Analogi organism,  
jenis, 24  
komunitas, 23–25  
organisme semu (Tansley), 24
- Api dan padang rumput, 404–405
- Area dasar (penutup batang),  
contoh penghitungan, 109, 117, 118  
definisi, 88  
formula, 107  
metode Bitterlich, 113–119
- Area minimum, 49–56  
90–95 persen persyaratan jenis, 54  
dan frekuensi, 81–83

## Indeks Subjek

- dan pencuplikan kuantitatif, 55
- evaluasi konsep, 55–56
- hutan hujan tropik, 56
- konsep, 49
- kriteria Cain, 51–54
- penentuan, 50–55
- Rice dan Kelting, 54
- taksiran konservatif, 52
- tumbuhan bawah hutan beriklim sedang, 147
- Area rerata,
  - berdasarkan pilihan acak, 121
  - formula, 120
- Asosiasi,
  - definisi, 193
  - definisi tipe, 194
  - interpretasi Amerika (Clements), 195
  - interpretasi Eropa, 193–194
  - konsep, 193–195, 224–228,
  - penamaan (Braun-Blanquet), 196
  - pengenalan, 248–250, 328
  - sistem (Braun-Blanquet), 195–197
  - unit vegetasi floristik lain, 228–229
- Aspek-aspek fenologi komunitas, 165–168, (Gambar 8.5) 170
- Autotoksisitas, 393–395
- Bentuk-hidup, 158–163
  - bentuk-bentuk dasar (Raunkiaer), 159
  - klasifikasi, 159
  - kunci, 160–161
  - lambang (Gb. 8.1), 162 497–519
  - sistem (Raunkiaer), 159
  - spektrum, 161–163
  - struktur, 156
- Bentuk-hidup tumbuhan, *lihat* bentuk hidup
- Bentuk pertumbuhan, 159
- Besaran jenis, definisi, 64
- Biogeosenosis (Sukachev), 19, 185, 474
- Biokori, 473
- Biomassa,
  - evaluasi untuk klasifikasi, 88
  - metode penaksiran (Klapp), 68–69
  - stratifikasi, 164–165
  - struktur, 155
- Biosfer, 188
- Braun-Blanquet,
  - konversi ke nilai persen, 163
  - metode estimasi kuantitas jenis, 63–67
  - metode releve, *lihat* Releve
  - peringkat unit dan kategori 196
  - simbol angka penilaian, 60, 62–64
  - sistem asosiasi, 195–197
  - skala kelimpahan-penutup, 63–66
  - teknik tabel sintesis. *lihat* Teknik tabel sintesis
- Contoh-contoh peta,
  - area yang sama, 477–480
  - kelompok bentuk-tapak (Kopp), 478
  - komunitas hutan alami (Braun-Blanquet), 478
  - sabuk vegetasi dan biosenosis (Schmid), 480
  - tipe-tipe perkembangan vegetasi (Aichinger), 480
- Cuplikan tapak (Whittaker), 359
- Daftar jenis, 53–71,
  - gulma pertanian (Tabel 11.1), 340, (Tabel 11.3 ), 345, (Tabel 11.4), 346
  - jenis indikator di Manitoba Tenggara, (Tabel 11.6), 356
  - jenis penciri di Jerman Barat Laut, (Tabel 9.10), 224–226
  - komunitas batas hutan- dekat Göttingen, 170
  - komunitas rumput *Arrhenatherum*, (Tabel 9.7), 216–217
  - kunci dalam peta habitat untuk Manitoba Tenggara, 563
  - releve hutan hujan dekat Honolulu, (Tabel 5.2), 59–60
  - tumbuhan hutan di Eropa Tengah, (Gambar 10.6), saku belakang
- Definisi,
  - autekologi, 7, 8
  - demekologi, 7, 8
  - faktor pembesaran-area , 116
  - kamefit, 497, 508–510
  - pengulangan penutup, 96
  - peta tapak, 461
- Derajat,
  - fidelitas jenis penciri, 221

## Ekologi Vegetasi

- kebebasan, 321
- kesetiaan jenis (fidelitas), 221
- penutup rerata (persen), 163
- Diagram,
  - lapis, 164
  - pencar 323–324
  - profil,
    - hutan tertutup malar hijau, 166
    - komunitas pantai terbuka, 167
    - tipe-tipe habitat hutan, 351–352
- Diameter,
  - batas kelas lebih rendah, 106–107
  - pengukuran dari suatu jarak, 118–119
- Dinamika keseimbangan, 438
  - dalam konsep klimaks, 438
  - dalam konsep poliklimaks, 442
  - dan stabilitas, 448–449
  - peta tegakan hutan menunjukkan, 439
- Distorsi tajuk oleh gajah, 377
- Diversitas,
  - dan stabilitas, 447
  - definisi diversitas alpa dan beta, 365–366
- Dominansi,
  - absolut, 127
  - definisi, 107, 111
  - hubungan dengan kerapatan, 111
  - penghitungan, 127–128
  - relatif, 133
  - tingkat, 127
- Domin-Krajina, skala kelimpahan-penutup, 67
- Ekar, kaki persegi per, 118
- Ekologi,
  - definisi, 7
  - fisiologi, 8
  - fungsional, definisi, 8
  - kuantitatif, 74
  - populasi, definisi, 8
- Ekosistem,
  - alami, 188
  - aspek fungsional, 20–21
  - aspek structural, 19–20
  - definisi, 18–19
  - hierarki, 182–191
  - industri-perkotaan, 189
  - klasifikasi, 21–22, 185–191
  - klasifikasi berdasar pengaruh manusia, 189–190
  - komponen, 19–20
  - kriteria klasifikasi, 188
  - makro, 189
  - meso, 189
  - mikro, 189
  - nano, 189
  - pemisahan biogeografi, 190
  - stabilitas, 447
  - terminologi, 188–189
  - ukuran, 21, 189–190
- Eksklusi kompetitif, 400
- Evolusi,
  - dalam analisis sebab musabab, 395–405
  - faktor tekanan secara mekanis, 404–405
  - keanekaragaman jenis, 402–404
  - konsep monoklimaks, 440
  - sebaran jenis, 364–365
  - tumpang-tindih sebaran dan sebaran tersinkronkan, 366
- Faktor,
  - aksesibilitas, 368, 370, 371–373
  - tekanan evolusioner, 398–400
  - tekanan evolusioner, definisi, 399
  - faktor mekanis dan padang rumput, 404–405
  - mekanis dan evolusi padang rumput, 404–405
  - sejarah-geografi, 399
  - spesialisasi, 402–403
- Fanerofit, definisi, 160, 497, 501
- Fasies, 196
- Fenologi, 165–168
  - diagram, 165–168, 170
  - fase, 168,
  - lambang 168
  - perubahan, definisi, 410
- Fisiognomi, 155, 177
- Fitosenosis, 19
- Fitososiologi, 8, 13
- Flora,
  - dalam formasi komunitas, 370–371
  - definisi, 4
- Floristik lari-beranting 435–436
- Formasi,
  - hierarki, 180



## Indeks Subjek

- konsep, 174–175
- perbandingan dengan konsep zonasi, 186
- perbandingan Fosberg dengan UNESCO, 181
- sistem, Fosberg, 177–179
- UNESCO, 180–183
- Fotografi,
  - dalam pemetaan, 469–471
  - dalam pengukuran penutup, 91
- Frekuensi,
  - absolut, 112–113, Tabel 7.5, 127
  - area minimum, 81–83
  - bentuk petak, 78
  - definisi, 73, 76–78
  - penentuan, 77–80
  - indeks (Gleason), 77
  - lokal, 80, 82
  - kriteria kuncup tumbuh bertahunan Raunkiaer, 79
  - kriteria penghitungan, 78–79
  - kriteria penghitungan di Amerika Utara, 79
  - lingkaran Raunkiaer, 80
  - pengukuran tanpa petak, 112–113
  - persentase, 77
  - relatif, 133
  - tidak mutlak, 78–79
  - ukuran petak, 80–83
- Fungsi Major, 368–369
- Galat baku rerata, 84
- Gangguan berulang, 399,
- Garis regresi, 322–324
- Gegas atau taksiran vitalitas, 70
  - simbol, 70
- Genekologi, 8, 367, 402
- Geobotani,
  - definisi, 6
  - ekologi, 8
  - floristik, 8,
  - sejarah, 8
  - sosiologi, 8
- Geofit, definisi, 498, 511
- Habitat,
  - analisis kualitatif, 374–375
  - analisis kuantitatif, 342
  - dan vegetasi, 374–375
- Hemikriptofit, definisi, 497–498, 510
- Herbivori, 376–377
- Hidroser,
  - contoh-contoh danau eutrofik, 428–433
  - contoh sungai, 428–429
  - definisi, 412
- Hipotesis sebaran jenis (Whittaker), 364–365
- Homeostasis, 28
- Homogenitas,
  - konsep, 48, 150
  - konsep Daubenmire, 48
  - konsep Eropa, 48
  - pengujian, 48
  - relatif, 48
- Honolulu, contoh,
  - releve hutan tropik, (Tabel 5.2), 59–60
  - analisis struktur tegakan, 109
- Indeks,
  - asosiasi, 250–255
    - berdasarkan biomassa, 251
    - berdasarkan konstansi, 253–254
    - berdasarkan kehadiran, 251
    - definisi, 250
  - kesamaan, 236–250,
    - berdasarkan kehadiran-ketidakhadiran, 236–239
  - Bray dan Curtis, 243, 248
  - digunakan untuk identifikasi asosiasi, 248–249
  - digunakan untuk mengurutkan releve, 241–243
  - digunakan untuk pemilahan releve menjadi kelompok kesamaan, 275–290
  - Ellenberg, 239, 241, 244, 247
  - Gleason, 241, 247
  - Jaccard, 236–239
  - kuantitas, 239–241
  - Matriks, 303
  - Matuskiewicz, 247
  - Motyka, 243, 248
  - pembandingan tujuh indeks, 243–248
  - Sørensen, 238–239
  - Spatz, 245–247

## Ekologi Vegetasi

- ketidaksamaan, 303–309
  - definisi, 303–304
  - matriks, 303
- koefisien perbandingan sederhana, 258, untuk asosiasi jenis, *lihat* indeks asosiasi William dan Lambert
- Indikator ekologi,
  - contoh dalam komunitas gulma, 345, 346
  - jenis tumbuhan bawah, 353–357
  - karakteristik permukaan tanah, 350
  - serbaneka dalam kunci habitat, 559–563
- Jarak rerata untuk mengukur kerapatan, keunggulan, 121
  - contoh penghitungan, 126–127
  - konsep, 120–121
  - penghitungan area rerata, 126–127
  - sebaran teratur, 128–129, *lihat juga* metode jarak,
- Jenis,
  - hubungannya dalam suatu komunitas, 27
  - indikator. *Lihat* indikator ekologi pelengkap, 27
  - pembeda
    - kartu, 271–272
    - kelompok *Bromus erectus*, 208
    - kelompok *Cirsium oleraceum*, 208
    - klasifikasi vegetasi, 171–172, 196
    - pemilihan dengan komputer, 290–299
    - penentuan, 206–218
    - tabel dengan komputer, 293
    - tipe tipe, 290–292
  - penciri, 26, 173, 196, 200, 227
    - asosiasi dan, 228–233, contoh, 220, 224–228
    - derajat fidelitas, 221
    - derajat kewilayahan, teritorialitas, 231–232
    - kelas, 221
    - tumbuhan terpendam, 373–374
- Kartu berlubang, contoh (Gb. 10.5), saku belakang
  - keunggulan metode, 273
  - lembaran transparan (Gambar 10.6), saku belakang
    - metode pemilahan releve, 270–274
    - permasalahan dengan konsep, 231–233
- Katena, 348
- Keanekaragaman jenis, 55, 402–404
- Kecenderungan penerapan studi ekologi, 18
  - dinamika, 14
  - ekosistem, 18–22 *lihat juga* Ekosistem eksperimenteral, 14
  - geografi wilayah, 17
  - kartografi, 17
  - lingkungan, 13
  - matematika–statistika, 16
  - pertelaan geografi, 11–12
  - sejarah, 16–17
    - tipologi–sistematis, 13, 24, 26
- Kehadiran jenis terpendam, 373–374
- Kelas (menurut Braun-Blanquet), 196
- Kelompok,
  - bentuk tapak (Kopp), 478
  - ekologi jenis, 333–346
    - amplitudo, 338–339
    - analisis landaian lingkungan, 362
    - contoh-contoh, 333–337
    - daftar dalam bentuk ringkasan (contoh), 346
    - didefinisikan oleh Whittaker, 335, 363
    - klasifikasi, 338
    - konsep, 333–337
    - pembatasan geografi, 339
    - pembentukan, 337–342
    - penamaan, 342–343
    - pertelaan komunitas dengan, 342–344
    - sinusia, 333–336
    - spektrum, 344–346
    - tabulasi menurut tanggapan terhadap empat faktor landaian, 342
    - yang ditentukan secara floristik, 336
  - sosial jenis, definisi, 208
  - spektrum ekologi, 344–346
- Kemampuan dan kapasitas bersaing, 386–388
- Kemantapan, 447
- Kepentingan jenis (Krajina), 64
- Kerangka frekuensi–titik, 95–98
  - penempatan, 95–97

## Indeks Subjek

- jarak jarum, 95
- transek, 97
- Kerapatan,
  - bentuk kuadrat, 76
  - dan hubungannya dengan dominansi, 111
  - definisi, 74,
  - ditaksir dari jarak rerata, 120–122
  - kesulitan dalam penghitungan, 74–75
  - kuadrat, 105
  - penghitungan (Tabel 7.1, 109–110)
  - pengukuran dengan jarak, *lihat* metode jarak
  - pengukuran dalam kuadrat, 74–76
  - pengukuran tanpa petak, 112, *lihat juga* metode jarak,
  - relatif, 133
- Kesamaan floristic-diagnostik,
  - definisi, 208,
  - penggunaan dalam metode kartu berlubang, 273
  - total, 208
- Kesatuan, 183–185,
- Keseimbangan dinamik, 438
  - dalam konsep klimaks, 438
  - dalam konsep poliklimaks, 442
  - dan stabilitas, 447
  - jenis (Wilson), 448
  - peta tegakan hutan menunjukkan, 439
  - vegetasi dan habitat, 398
- Keseutuhan, 35–39
  - mengobyektifkan, 33–39
  - perubahan-perubahan, 47
  - tingkat dan derajat, 35–37
- Klasifikasi,
  - amplitudo jenis, 339, Tabel 11.1, 340
  - batas-batas dan kemungkinan, 169
  - bentuk-hidup, 158–161
  - definisi, 43
  - dengan komputer, 274–298. *lihat juga*, Sintesis releve dengan komputer,
  - dengan pembandingan tabel, 194
  - distribusi tumbuhan, 169–170
  - ekosistem, 184–191
  - ekosistem dunia, 188–191
  - fisiognomi-struktural, 171, 177–179
  - floristik, 191–197
  - formasi dunia, 520–552
  - gugus-gugus dendrogram, 328–329
  - habitat hutan,
    - metode lapangan, 348
    - prosedur, 347
  - jenis sepanjang landaian, 338–339
  - kelompok jenis ekologi, 338–339
  - kriteria, 171
  - kriteria fungsional, 177–179
  - kunci struktural, 177, 553–558
  - lahan berlandaskan ekologi, 347–357
    - indikator ekologi, 353–357
    - seri ekologi, 348–353
    - tata guna lahan, 347–348
  - metode, 43
  - obyektif kelompok jenis, 266–270
    - analisis terbalik, definisi, 269
    - analisis normal, definisi, 269
    - Goodall, 266–268
    - William dan Lambert, 266–269
  - ordinasi, 299
    - dalam analisis landaian lingkungan, 358–361
    - definisi, 43, 299
    - dengan analisis faktor, (Dagnelie) 316–317
      - grafik (Dagnelie), 316–318
      - interval, 320
    - jenis, 255–265
    - multidimensi dimodifikasi, 315–317
    - multidimensi, 301–324, *lihat juga* ordinasi multidimensi
    - pencuplikan, 42–44
    - releve (tegakan cuplikan), 299–324
    - rerata berpembobot ganda (Whittaker), 360–361
    - satu dimensi, 299–301
    - uji statistik, 320–324
  - pengaruh manusia, 190
  - peta-peta yang digunakan, 459–461
  - sistem, 169–197
  - sistem struktural, 177–185
  - sistem zonasi biogeoklimat Krajina, 185–188
  - sistem Danserau, 175
  - sistem Fosberg, 177–179

## Ekologi Vegetasi

- sistem Kùchler, 175–177
- sistem UNESCO, 180–183
- struktural, 175–185
- daun, 178–179
- definisi, 158
- sinusia, 183–185
- tanggap kompetisi, 380–386
- tujuan, metode matematika, 266–270
- Klimaks,
  - api, 442
  - arti asalnya, 438, Catatan kaki
  - edafik, 440
  - iklim, 439–443
  - kesulitan dengan konsep, 446–447
  - konsep, 438–439, *lihat juga* Konsep klimaks
  - lanskap, 442
  - nomor adaptasi, 300
  - pengembangan, 442
  - penggunaan istilah 446, 450–451
  - topografi, 442
- Koefisien,
  - kesamaan komunitas tumbuhan, *lihat* Indeks kesamaan
  - komunitas, 236–239
  - pembandingan sederhana, 258
- Koeksistensi jenis, 400–402
- Kombinasi skala perkiraan dijelaskan, 63–64
- Kompetisi, 377–395
  - alelopati, 391–395
  - antar bentuk hidup, 390
  - evolusi, 399–404
  - eksperimen, 378–381, 389
  - antarjenis (hasil dengan *Calamagrostis canadensis*), 389–390
  - intrajenis (hasil), 389,
  - komplikasi dalam studi, 384–385
  - mekanisme, 386–396
  - mono kultur dan kultur campuran dalam kaitannya dengan pH, 380
  - landaian lingkungan, 364–365
  - tanggap ekologi, 381–386
  - tanggap fisiologi, 381–384
- Kompleks-faktor dalam pembentukan komunitas, 368–370
  - akses ke habitat, 368, 371–373
  - alelopati, 391–395
  - faktor habitat, 374–375
  - faktor-faktor tekanan evolusi, 398–400
  - herbivori, 376–377
  - kehadiran jenis terpendam, 373–374
  - kompetisi, 377–391
- Kompleks komunitas, 456–459
- Komplek komunitas alami (Du Rietz), 456
- Komposisi floristik awal, 436
- Komunitas,
  - aspek fenologi, 165, 168, 170
  - batas batas, 30
  - dalam lanskap lahan budi daya, komunitas alami, 456–457
  - komunitas kontak, 457, 459
  - komunitas pengganti, 457–459
  - definisi, 4, 27–28
  - dibandingkan: Jerman Selatan dengan Barat Laut, 220–226
  - dominansi,
    - contoh hutan hujan tropik (Trinidad), 166
    - contoh Montana, 143
    - konsep tipe, 191
  - formasi, 368–406, *lihat juga* penyebab formasi komunitas
  - fragmentasi, 50
  - hipotesis, 23–31
  - hutan alami (Braun-Blanquet), 478
  - identifikasi di lapangan, 28–29
  - individu, 27–28
  - integrasi, 28, 29
  - klasifikasi, 30–31
  - klimaks, 23, 438–439
  - konkret dan abstrak, 30–31
  - konsep penulis, 29–30
  - mosaik, 456–459
  - ordinasi, 31, 43
  - penamaan, 214–215
  - penamaan untuk kelompok jenis berbeda, 214–218
  - penamaan untuk kelompok ekologi jenis, 342–345
  - pengenalan, 35–39, 47
  - pengganti, 457–459
  - pencuplikan, 42–44
  - sebagai kombinas kelompok ekologi, 342–344

## Indeks Subjek

- stabil,
  - konsep monoklimaks, 440
  - konsep poliklimaks, 442
- stabilitas, 446–453
- struktur, 157
- tumbuhan abstrak tidak berperingkat, 214–218
- unit akhir, 28
- variasi, 40
- Kongres *International Union of Forest Research Organization (IUFRO)*, 473–485
- Konsep komunitas
  - Allechin, 29
  - hubungan dinamika, 25–26
  - individu, 27–28
  - integrasi, 28
  - klimaks poliiklim, 443–446
  - kombinasi kelompok ekologi, 342–343
  - Lippmaa, 29
  - organisme semu (Tansley), 24
  - pandangan holistik, 23–24
  - pandangan individualistik, 25
  - pandangan sistematik, 24–25
  - penekanan hubungan dinamik (konsep kontinum), 25–26
  - penekanan pada urutan, 26
  - penulis, 29
  - Poore, 28, 29
- Konsep monoklimaks, 439–442
  - hipotesis Clements, 439
  - dan evolusi, 441
  - keberatan atas, 440–442
- Konsep poliklimaks, 442–446
  - hubungannya dengan monoklimak (Gb. 13.3), 443–446
- Konsosiasi, 192–193
  - contoh diagramatik, 166
  - definisi, 192
- Konstansi, 202
  - absolut, 202
  - antara, 206
  - jenis konstan, 171
  - kelas, 219
  - penggunaan dalam tabel ringkasan, 218–225
  - penghitungan derajat, 202
  - relatif (persen), 202
  - tabel, 207, 280–282
- Kontinum, *lihat juga* indeks ordinasi,
  - analisis, 38, 43–44, 362–363
  - paham, 26
  - pencuplikan, 37, 139
- Koreksi lereng, 107
- Korelasi,
  - antar jenis, 250–265
  - indeks asosiasi, 250–255
  - koefisien  $r$ , 320
  - matriks, 306–307 (Tabel 10.13)
  - metode tabel kontingensi, 257–265
  - pembahasan umum, 250–251
  - tabel uji (Tabel 10.8), 285
- Kormofit, 160
- Kriteria floristic, 171
- Krumholz*, 158
- Kuadrat
  - cuplikan,
    - untuk kerapatan, 74–76
    - untuk frekuensi, 80–83
    - untuk releve, 49–50
    - tipe tipe, 83
  - permanen, 90
- Kurva jenis-area, 50–56
  - aplikasi, 54–55
  - dan ukuran area cuplikan, 50–56
  - dan keanekaragaman jenis, 55
  - kriteria Cain, 51–54
- Kurva optimum *Avenella* dalam hubungannya dengan pH, 380–381
- Lajur pendiktean, 210
- Landaian kelembapan topografi, 358
- Lansekap lahan budidaya, 457–459
- Lebar-transek (lebar-jalur), 106–108
- Lensa mata ikan, 92, 99
- Lingkungan,
  - analisis landaian, 357–366
  - faktor-faktor dan tujuan tata guna lahan, 347–348
  - hipotesis tentang sebaran jenis, konsep, 357
  - konsep kelompok ekologi, 362–365
  - penerapan dalam evolusi, 365–366
  - teknik, 358–361
  - Whittaker, 358–361

## Ekologi Vegetasi

- Matriks kesamaan, 303  
Megafili, 178  
Mesofili, 178  
Metode,  
    dendrogram (analisis gugus), 324–329  
        diagram, 327  
        klasifikasi gugus, 328  
        konsep, 324–325  
        pembuatan dendrogram, 325  
        perbandingan dengan metode tabel, 329  
    diagram profil, 164–165  
    diameter tajuk, 89–90  
    individu terdekat, 122 *lihat juga* metode jarak,  
        definisi, 122  
        faktor koreksi, 122  
    intersep-garis, 101–103  
        bidikan-penutup, 101  
        bidikan-waterpas, 102  
        kesalahan, 101–103  
        lapisan ketinggian, 101  
        rumpang dalam tumbuhan (Daubenmire), 102  
    intersep titik, 93–101  
        diagram hasil, 144  
        diameter jarum, 97  
        frekuensi-titik, 93–101, 492  
        kelemahan, 100–101  
        kerangka frekuensi-titik, 95–98  
        kerangka kecil 100-titik (Gambar 6.4), 91, 93  
        kuadrat-titik, 93  
        penaksir tutupan tajuk “tanduk rusa”, 99  
        penerapan terhadap penutup terna, 93–99  
        penerapan terhadap penutup pohon, 99–101  
        sangkur, 94  
        teleskop senapan, 99  
    jarak, 120–135  
        area rerata per pohon, 120–121  
        dalam analisis kuantitatif, 137–140  
        individu terdekat 122  
        jarak rerata, 121  
        jarak Wisconsin, 120–134  
        keterbatasan, 125–129  
        keuntungan, 121  
        konsep, 120  
        kuadran mengembara, 129  
        modifikasi, 129–132  
        nilai kepentingan, 132–135  
        parameter yang diperoleh, 124  
        pasangan acak, 121–123  
        tetangga terdekat, 121,  
        kehadiran jenis (Curtis), 61  
        kombinasi Eberswalder (Kopp), 481  
        kuadran berpusat titik, 123–129, 131, 493  
        contoh, 125  
        keterbatasan, 125–129  
        parameter yang diperoleh, 124  
        pertelaan, 123–124  
        kuadran mengembara. 129, *Lihat juga* Metode jarak  
        kuadrat- titik, *lihat* metode intersep titik lebar-jalur (lebar-transek), 106–108  
        pasangan acak, 121–123  
            asosiasi tumbuhan, 228  
            faktor koreksi, 123  
            pencuplikan acak, 41–42  
            pemeringkatan komunitas tumbuhan abstrak, 218–228  
        pemetaan kuadrat, 90–93  
            kelemahan, 93  
            metode kuadrat, perbedaan dalam konsep Eropa dan Amerika, 105–106 *lihat juga* metode petak-hitung  
                untuk penentuan frekuensi, 80–81  
                untuk pemetaan vegetasi terna, 90–91  
                untuk releve, 49–55  
        petak hitung (metode kuadrat), 105–111  
            contoh, 108–110  
            hubungan kerapatan dan dominansi, 111  
            perbedaan dengan metode releve, 105–106  
            pencatatan baku, 106,  
            survei pohon, 106–108

## Indeks Subjek

- petak kuantitatif, *lihat* metode Petak-hitung  
petak tunggal, 40  
radius variabel Bitterlich, 113–119, 492  
  azas, 116–118  
  faktor pembesaran, 116–119  
  formula, 117–118  
  kalibrasi pengukur sudut, 118–119  
  pengukur sudut, 113–119  
  perbandingan pengukur, 115  
  pertelaan teknik, 112–115  
  prisma, 115  
  spiegelrelaskop, 115  
studi suksesi, 414–418  
  analisis struktur populasi, 416  
  analisis ulang secara periodik pada area yang sama, 414  
  eksklosur, 415  
  komposisi jenis sekarang, 416–417  
  perbandingan berdampingan, 417–418  
  perbandingan foto udara, 415  
  peta vegetasi, 460–461  
  petak-petak permanen, 414  
  rekaman sejarah, 415  
  sisa-sisa organisme, 415–416  
survei pohon, 106–108  
tetangga terdekat, 121, *lihat juga* metode jarak  
  faktor koreksi, 122  
Mikrofil, 179  
Mosaik komunitas tumbuhan, 456–459, 460  
Nilai  
  derajat penutup, 219  
  kepentingan, 132–135  
    definisi, 132  
    implikasi, 134  
    penghitungan, 133  
  ordinasi X, Y, Z (Tabel 10.14), 311  
Nodum (Poore), 31, 214  
Nomor adaptasi klimaks, 300  
Optimum ekologi, 382–383  
Optimum fisiologi, 378  
Ordinasi linier  
  Curtis dan Mcintosh, 300  
  Ellenberg, 218  
  Ordinasi jenis, 255–265  
  Agnew, 264  
  De Vries, 255–257  
  Huber, 262–263  
  tabel kontingensi 2 X 2, 257–265, *lihat juga* chi-kuadrat  
Ordinasi multidimensi, 301–324  
  hubungan kesamaan, 301–317  
  pembuatan sumbu X, 304  
  pembuatan sumbu Y, 309  
  pembuatan sumbu Z, 312  
  pemilihan tegakan acuan, 304–305, 309–310, 312–313, 315–317  
  prosedur modifikasi, 315–318  
  teknik penempatan tegakan, (Gambar 10.7), 308  
Ordinasi satu dimensi, 299–301  
Ordinasi sumbu X (Gambar 10.8), 309  
Ordinasi Y/X 25 releve *Arrhenatherum*, dengan kriteria Bray dan Curtis (Gambar 10,11), 317  
Orientasi dalam ekologi vegetasi. *Lihat* kecenderungan studi ekologi  
Ortofil, 178  
Pandangan dinamika, 15  
Pandangan sistematik, 13, 24–25  
Paralaks, 94  
Parameter kuantitatif vegetasi, 73–74  
Pembidik titik-potong dobel, 94  
Pembuatan sumbu dalam ordinasi,  
  formula ordinasi Beals, 308–309  
  panjang sumbu x, 305  
  pemilihan tegakan acuan, 304–305, 309–312, 312–315  
  sumbu X, 304–309  
  sumbu Y, 309–312  
  sumbu Z, 312–315  
  teknik penempatan tegakan (Gambar 10.7), 308  
Pemeriksaan matematis untuk mengatur releve dalam tabel, 241–243  
Pemetaan,  
  abstraksi, 465–466  
  berdasarkan bentuk tanah, 476, 481–482

## Ekologi Vegetasi

- berdasarkan kelompok bentuk-tapak (Kopp), 480, 481–483
- berdasarkan kriteria floristik (Braun Blanquet), 475, 478
- berdasarkan sabuk vegetasi dan biosenosis (Schmid), 475–476, 483, 484
- berdasarkan tipe-tipe perkembangan vegetasi (Aichinger), 476, 480, 482, 483
- dibandingkan, 482–485
- eliminasi distorsi skala, 470
- kunci-kunci, 472–473
- konsep, 455–456
- metode, 473–485
- obyektif, 460–461
- tapak, 456, 460–462, 473–485
- berdasarkan kelompok bentuk tapak, 478, 476–485
  - berdasarkan sabuk vegetasi dan biosenosis, 474–481
  - definisi, 455
  - metode, 473–485
- tujuan, 459–462
- vegetasi, 455, 463–468, *lihat juga* pemetaan vegetasi
- vegetasi alami potensial, 465–468
- vegetasi yang sekarang ada, 465
- Pemilihan tegakan acuan, 304–305, 309–310, 312–313, 315–316
- kriteria Beals, 303
  - kriteria Bray dan Curtis, 304
  - kriteria Newsome & Dix, 304
  - permasalahan, 315–317
- Penaksir tutupan tajuk “tanduk rusa”, 99
- Penaksiran kuantitas jenis, 62–71
- istilah nilai relatif, 62
  - kesalahan taksiran, 66
  - nilai skala absolut, 63
  - penutup, 66, 67
  - penutup-kelimpahan, 63–68
  - sosiabilitas dan sebaran, 70–71
  - taksiran biomasa (Klapp), 68–69
- Penamaan komunitas,
- pemeringkatan tipe-tipe, 228–230
  - tipe-tipe abstrak tidak berperingkat, 214–215
- Pendekatan analisis sebab musabab,
- komunitas tumbuhan, 367, 406
  - kesimpulan, 406
  - pembahasan umum, 367–36
  - pemetaan vegetasi, 461
- Penggembalaan, 376–377
- Penutup,
- definisi, 73,80
  - derajat (persen), 163
  - formula untuk tajuk pohon dan perdu, 89
  - lensa mata ikan, 92, 99
  - metode diameter tajuk, 89–90
  - metode fotografi, 91, 99
  - metode intersep-garis, 101–103
  - metode intersep-titik, 93–101
  - metode pantograph, 91
  - metode pemetaan kuadrat, 90–93
  - metode penutup batang Bitterlich, 113–119
  - nilai ekologi, 88–89
  - pengukuran, 65–103
  - pengukuran batang tanpa petak, 113–119
  - penutup batang (area dasar), 65
  - relatif, 96
  - skala, 67, *lihat juga* skala penutupan-kelimpahan
  - skala Braun-Blanquet, 62–68
  - taksiran, 62–68
- Penyiapan tabel ringkasan, 218–228
- Perilaku ekologi, 391
- Periskop, 99
- Perlakuan matematis data vegetasi, 235–329
- Persentase kepentingan, 134, 268
- Peta, warna, 468–469
- muatan, 463–465
  - simbol, 468–469
  - skala, 463–465
  - tapak, 461
- Petak,
- batas batas, 107
  - definisi, 105
  - koreksi lereng, 107
  - metode, 105–111
  - metode petak bundar, 107, 131–132
- Petak bundar,
- metode 107, 131



## Indeks Subjek

- radius dihitung dari area, 132, Catatan kaki
- Prinsip eksperimen,  
dalam analisis landaian, 359–360  
dalam studi suksesi, 418
- Prinsip Volterra-Gause, 400–401
- Prisma (metode Bitterlich), 115
- Program Biologi Internasional (*International Biological Program*, IBP), 12, 177
- Prosedur klasifikasi tapak, 347–348
- Rasio alat,  
Bitterlich, 114–115, 117  
Grosenbauch, 115, 118
- Releve (tegakan contoh),  
analisis, 42–44, 57–62, 491–493  
contoh, 57–62  
catatan, 57–62  
daftar jenis, 57–62  
metode kehadiran jenis, 60–62  
perbandingan dengan analisis kontinum, 43–44  
perbandingan dengan analisis kuantitatif lapangan, 145–152  
penaksiran kuantitas jenis, 62–71  
catatan, 57–62  
contoh kartu berlubang (Gambar 10.5), saku belakang  
definisi, 38 (catatan kaki)  
peletakan, 459, *lihat juga* urutan pencuplikan  
persyaratan, 47–48  
persyaratan homogenitas, 47–49  
dibuat dengan komputer, 284–290  
dibuat dengan kartu berlubang, 270–274  
dibuat dengan teknik table sintesis, 201–205, 208–214  
persyaratan ukuran, 38 (catatan kaki), 49–56, *lihat juga* Area minimum  
sintesis dengan  
komputer, *lihat* Sintesis releve dengan komputer  
kartu berlubang, 270–274  
teknik tabel, *lihat* Teknik tabel sintesis  
stratum vertikal, 58–60  
ukuran, 150–152
- Relung,  
dasar, 382  
umum, 390  
spesifik, 390  
teralisasi, 382
- Reproduksi pohon, 108–110
- Sebaran, 69–70
- Sebaran  
dan evolusi, 365–366, 400–402  
dalam grafik ordinasi, 318  
dalam hubungan dengan tanah, 338–340  
jenis, sepanjang urutan air tanah oligotropik, 356  
kelompok, 208  
sepanjang landaian lingkungan, 357–366
- Sejarah,  
dalam mpembentukan komunitas, 395–398  
definisi, 395,  
vegetasi di Eropa Tengah, 396–398
- Seri ekologi,  
berdasarkan bentuk lahan, 350  
berdasarkan pada kelembaban dan rejim hara, 350–353  
definisi, 348  
digeneralisasikan, 348  
menurut Sukachev, 350  
pembentukan, 348  
tabel, 338–340
- Seri ekologi yang digeneralisasi,  
definisi, 348  
diagram profil, Gambar 11.2
- Seri topografi, 348
- Sinekologi, definisi, 8
- Sinusia,  
dan konsep konsep unit fungsional, 184, 191  
definisi, 183  
dibandingkan dengan kelompok ekologi, 334–335  
konsep, 183–185

## Ekologi Vegetasi

- Sintesis,  
analogi tabel parsial dengan kartu jenis pembeda, 271–272  
asosiasi, 228–231  
konsep asosiasi Braun-Blanquet, 218–233  
metode, 491–494  
penentuan,  
  jenis penciri, 221–233  
  jenis konstan, 201–205  
  jenis pembeda, 206–214  
  kecenderungan sebaran, 218–233  
pertelaan, 199  
releve,  
  pencoretan dari tabel, 212  
  pengaturan urutan secara matematis, 241–243  
  urutan diperoleh dengan komputer, 283–290  
  perubahan urutan, 210–212  
  pemilahan, 201–205  
  dengan kartu berlubang, 270–274  
  strata vertikal, 58, 60  
ringkasan,  
  fase-fase kerja, 200  
  penyiapan tabel, 218–228  
  prosedur, 213–214  
tabel,  
  kasar, 203, 204–205, 277  
  konstansi, 207, 280–282  
  konstansi parsial, 209  
  parsial diordinasikan, 211  
  ringkasan dicirikan, 219, 222–223  
teknik tabel, 199–233  
tipe-tipe komunitas Jerman Barat Laut, 224–226
- Sintesis releve dengan komputer, 270–274, 294–298  
pemilihan jenis pembeda, 290–298  
pemilahan releve menurut kelompok kesamaan, 275–290  
pemilahan jenis dengan konstansi, 274
- Sistem,  
asosiasi, 191–197, 228–230  
klasifikasi floristik, 191–197,  
pantograph, 92  
parsial-topo, 189  
parsial-feno, 190  
penamaan Braun-Blanquet, 196  
sosiasi dan konsosiasi, 191–193  
struktural Fosberg, 177–179  
substrat parsial, 189  
tunjang sespitos, 160  
tunjang skapos, 160
- Skala kelimpahan penutup  
  Braun-Blanquet, 63–66  
  Daubemire (hanya penutup), 67  
  Domin-Krajina, 66–67
- Skala penutup Daubemire, 67
- Skema klasifikasi ekologi-fisiognomi, 520–551
- Skema zonasi biogeoklimat Krajina, 185–188  
  dibandingkan dengan konsep formasi, 185,
- Sklerofil, 178
- Sosiabilitas dan sebaran, 70–71
- Sosiasi (Du Rietz), 192
- Spesialisasi dan evolusi, 400–402
- Spiegelrelaskop, 115
- Stabilitas,  
  atribut fungsional, 447  
  dan diversitas, 447,  
  dan komunitas klimaks, 438–439  
  dan ukuran area, 446, 450–453  
  definisi, 447–449  
  interpretasi penulis, 449–450  
  ekosistem, 447–453  
  komunitas, 447–453  
  konsep, 447–450  
  *lihat juga* keseimbangan dinamik
- Strata dalam releve, 58
- Struktur,  
  bentuk-hidup, 156  
  biomassa, 155, 164–165  
  dalam waktu (Shimwell), 156  
  dan fungsi (dalam evolusi), 404–405  
  floristik, 155–157  
  horizontal, 156  
  konsep, 155–158  
  kuantitatif, 156  
  populasi, 156  
  tegakan (struktur komunitas), 106, 157  
  definisi, 106, 157

## Indeks Subjek

- interpretasi, 108–111
- kecenderungan pembentukan, 108–111
- vegetasi, 155–158
- vertikal, 156
- Studi eksklusur, 376–377, 414
- Subasosiasi, 196
- Suksesi,
  - aneka ragam, 408–409
  - definisi, 407
  - diagram skala waktu, 442–445
  - fase-fase yang dipetakan dalam suatu hutan, 438–439
  - fisiografi, 413
  - hidrark, 412
  - jenis eksotik, 437
  - komposisi floristic awal (Egler), 435–436
  - konsep, 407–408
  - lahan yang ditinggalkan, 433–437
  - pembalakan dan kebakaran, 436
  - primer, 411–414, *lihat juga* suksesi primer
  - primer, contoh-contoh 419–433
  - prinsip eksperimen, 418
  - sebab sebab alogen, 413
  - sebab sebab autogen, 413
  - sekunder, contoh-contoh 433–437
  - sekunder, 410–411, *lihat juga* suksesi sekunder
  - skema, 429–433
  - urutan (Gams), 408–410
  - xerark, 412
- Suksesi primer, 411–414
  - contoh-contoh,
    - batuan lava (Hawaii), 420–426
    - danau (Jerman Barat Laut), 429, 432–433
    - bukit pasir (Cowles), 426–429
    - sungai (Inggris), 428–429
  - definisi, 411
  - hidroser, 412
  - Isle Royale (Cooper), 419
  - keseimbangan dinamik, 448
  - kepentingan mikro-habitat, 423–424
  - laju invasi pada batuan lava (Tabel 13.2), 423
  - pada substrat stabil, 419–426
  - pada substrat tidak stabil, 426–433
  - urutan invasi bentuk-hidup, 420
  - xeroser, 412
- Suksesi sekunder,
  - definisi, 410
  - di pulau-pulau, 436–437
  - floristik lari-beranting, 435–436
  - jenis eksotik, 437
  - komposisi floristik awal, 436
  - lahan yang ditinggalkan, 433–437
  - suksesi pembalakan dan api, 436, 436–437
  - urutan bentuk-hidup, 433–434
- Survai awal, 35, 39, 47,
- Tabel,
  - analogi terhadap pemilahan dengan kartu berlubang, 271–272
  - diordinasikan, (Tabel 9.6), 211
  - kasar, lengkap (Tabel 9.2), 202
  - dicetak computer, 277–279
  - memulai, (Tabel 9.1), 203
  - pembuatan, 201–203
  - kontingensi 2x2, *lihat* uji chi kuadrat
  - konstansi parsial (Tabel 9.4), 209
  - parsial diordinasikan, (Tabel 9.6), 211
  - ringkasan dicirikan, 222–223
  - sintesis dihasilkan komputer,
    - kasar, 203–205,
    - konstansi, 280–282
    - pembeda, 296–298
    - releve yang diordinasikan, 287–289
    - ringkasan, 294–295
- Tabung pembidik kawat menyilang, 98
- Talofit, 160
- Tanah,
  - air banjir, definisi, 350
  - air tanah, definisi, 349
  - air vados, 349–350
- Tanggap fisiologi terhadap persaingan, 381–385
  - pembahasan, 377–379
  - tipe-tipe, 382–383
- Tata guna lahan dan factor lingkungan, 347–348
- Tegakan cuplikan,
  - acak, 41–42

## Ekologi Vegetasi

- acak berlapis, 41–42
- area minimum, 49–56
- Braun-Blanquet, 36
- Curtis, 35
- dan tujuan, 36–37
- intensitas, 38
- koreksi lereng, 107
- langkah langkah penting, 33–34
- parameter, 73–74
- pendekatan, 34–35, 42–44
- pendekatan obyektif, 34–35, 37–39
- pendekatan subyektif, 41–42
- penyeutuhan, 33, 34–39
- perbandingan ukuran, ( Gambar 7.6), 137
- releve, *lihat* Pencuplikan releve, ketelitian, 84
- sistematis, 41–42
- survei awal, 35, 39, 47
- teknik, 105–135 *lihat juga* Metode petak hitung dan teknik pencuplikan tanpa petak
- terpusat (tidak acak), 39–41
- untuk klasifikasi (analisis releve), 42–44
- untuk pohon dan terna (contoh-contoh), 146
- untuk ordinasi (analisis kontinum), 41–44
- variasi, 145–148
- Teknik
  - pemindahan tabel, 208–212
  - pencuplikan tanpa petak, 112–113, *lihat juga* metode radius variable Bitterlich
  - frekuensi, 112
  - kerapatan, 112
  - penutup, 112
  - petak disarangkan, 50
  - Q, 270, 292
  - R, 292
  - tabel kontingensi, *lihat* uji chi-kuadrat
  - tabulasi, *lihat sintesis*, teknik tabel, 6–8,
- Teleskop senapan, 99
- Terminologi, Eropa dan Anglo Amerika
- Terofit, 160, 498, 512
- Tipe-tipe habitat hutan,
  - diagram profil, Gambar 11.2
  - nama-nama dan cirri-ciri ekologi utama, 354–355
- Transek-lajur, 105
- Transek lapangan (Whittaker), 358–359
- Tumbuhan bawah sebagai indikator ekologi, 353–357
- Uji chi-kuadrat 256–265
  - koreksi Yates, 261
  - limitasi, 261–262
  - rumus chi-kuadrat, 260
  - rumus untuk nilai harapan, 259
  - table kontingensi, 257–258
- Uji-t, 322
- Ukuran cuplikan,
  - kurva area-jenis, 50–55
  - pendekatan statistic, 84
  - penentuan, 83–88
  - rerata kumulatif, 85–87
- Urutan releve dihasilkan komputer, 274–298
- Varian,
  - dalam koefisien korelasi, 320
  - dalam sistem asosiasi floristik, 196
  - penghitungan, 87
- Vegetasi
  - aktual dipetakan, 465
  - alami, definisi, 466
  - alami potensial, deinisi (Tüxen), 467–468
  - azonal, 451–453
  - dinamika, 14–15
  - ekologi,
    - definisi, 3, 7–8
    - kecenderungan dalam studi, *lihat* Kecenderungan penerapan studi ekologi
    - kepentingan ilmiah dan praktis, 489
  - ekstrazonal, 451
  - faktor-faktor pengembangan, 368–369
  - fisiognomi,
    - kriteria untuk klasifikasi vegetasi, 169, 171–173
    - definisi, 155–156
    - sifat-sifat, 169, 171–173
  - habitat, 374–375
  - ilmu, definisi, 8, 9
  - intrazonal, 451

## Indeks Subjek

- konsep kontinum yang bervariasi, 38
- pemetaan, perbandingan metode 473–485
- pemetaan, 455, 465–468
  - alat bantu, 469–473
  - eliminasi distorsi skala, 470
  - kriteria floristik, 475–478
  - metode, 473–485
  - simbol dan warna, 468–469
  - tujuan, 459
  - vegetasi alam potensial, 466–468
  - vegetasi yang sekarang ada, 465
- perkembangan ke depan, 490–491
- perubahan perubahan, 410–412
- sabuk, 457
- struktur,
  - definisi (Dansereau), 155
  - definisi (Kershaw), 156–157
  - konsep, 155–158
- studi korelasi lingkungan,
  - analisis landaian lingkungan, 357–366
  - ekologi kelompok jenis, 333–346
  - ekologi klasifikasi lahan, 347–357
  - konsep, 333
- termodifikasi, 452
- tipe-tipe perkembangan (Aichinger), 476–480, 482–483
- unit unit abstrak, 31
- unit akhir, 28
- unit pengenalan dengan teknik tabel sintesis, 208–210
- wilayah, 456
- zona, 185
- zonal, 450–453
- Waterpas Abney, 107,  
*Wisconsin Plant Ecology Laboratory* (WPEL), 120–121
- Xerosere,
  - contoh bukit pasir (Danau Michigan), 426–429
  - contoh batuan vulkanik (Hawaii), 420–426
  - definisi, 412
  - dengan kriteria Newsome dan Dix, (Gambar 10.9), 314
- Zona bioklimat (Köppen), 187
- Zona biogeoklimat (Krajina), 175, 185–188

# EKOLOGI VEGETASI

## Tujuan dan Metode

Ekologi vegetasi dapat diartikan sebagai kajian tentang vegetasi (komunitas tumbuhan). Di Eropa daratan kajian tentang vegetasi dikenal dengan berbagai istilah, yang pada dasarnya adalah sosiologi tumbuhan (fitososiologi) dengan tujuan akhir mengklasifikasi vegetasi menjadi berbagai satuan. Di Inggris dan Amerika Serikat (Anglo-Amerika), kajian tentang vegetasi terfokus pada hubungan antara vegetasi dan faktor lingkungannya, dan dikenal dengan istilah sinekologi. Integrasi antara konsep dan metode penelitian Eropa daratan dan Anglo-Amerika itu menghasilkan kajian ekologi vegetasi yang disajikan dalam buku ini.

Dalam kajian ekologi vegetasi, kedua metode itu dapat diterapkan secara terpadu dan saling melengkapi. Ekologi vegetasi mencakup kajian tentang variasi vegetasi sehubungan dengan sebaran geografi dan kajian tentang perkembangan perubahan dan stabilitas vegetasi dalam konteks waktu. Penelitian ekologi vegetasi dapat mencakup kawasan berskala besar, misalnya bumi, hingga berskala sangat kecil, misalnya petak vegetasi berukuran 1 m<sup>2</sup>. Dengan demikian, kajian ekologi menghasilkan data tentang klasifikasi vegetasi dan faktor-faktor lingkungan penyebabnya secara terpadu. Data vegetasi dihimpun tidak hanya bagi keperluan ilmiah semata, tetapi juga untuk berbagai tujuan praktis, seperti pemanfaatan dan konservasi keanekaragaman hayati dan sumber daya alam lain. Bagi para mahasiswa, pengajar dan pakar, buku ini dapat menjadi inspirasi dan landasan untuk penelitian vegetasi.



**Distributor:**  
Yayasan Obor Indonesia  
Jln. Plaju No.10 Jakarta 10230  
Telp. (021) 319 26978, 3920114  
Faks. (021) 319 24488  
E-mail. [yayasan\\_obor@cbn.net.id](mailto:yayasan_obor@cbn.net.id)

LIPI Press

ISBN 978-979-799-852-3



9 789797 998523 >