



BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL



KERAGAMAN VEGETASI ALAMI CAGAR BIOSFER CIBODAS

Kuswata Kartawinata dan Enny Sudarmonowati



Buku ini tidak diperjual

KERAGAMAN VEGETASI ALAMI CAGAR BIOSFER CIBODAS



Buku ini tidak diperjualbelikan.

Diterbitkan pertama pada 2022 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id

Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution Non-commercial Share Alike 4.0 International license (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC-BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Buku ini tidak diperjualbelikan.

KERAGAMAN VEGETASI ALAMI CAGAR BIOSFER CIBODAS

Kuswata Kartawinata dan Enny Sudarmonowati



Penerbit BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

© 2022 Kuswata Kartawinata dan Enny Sudarmonowati

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Keragaman Vegetasi Alami Cagar Biosfer Cibodas/Kuswata Kartawinata & Enny Sudarmonowati–Jakarta: Penerbit BRIN, 2022.

xxv hlm. + 397 hlm.; 14,8 × 21 cm

ISBN 978-623-8052-13-4 (cetak)
978-623-8052-12-7 (e-book)

1. Riset Ilmu Tumbuhan
2. Kebun Raya
3. Flora

580.7

Copy editor : Sonny Heru Kusuma
Proofreader : Sarah Fairuz & Prapti Sasiwi
Penata isi : Rahma Hilma Taslima
Desainer sampul : Meita Safitri
Foto : Herwasono Soedjito

Cetakan pertama : November 2022



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B. J. Habibie, Jln. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: 0811-8612-369
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id
 PenerbitBRIN
 Penerbit_BRIN
 penerbit_brin

Buku ini merupakan karya buku yang terpilih dalam Program Akuisisi Pengetahuan Lokal Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah, Badan Riset dan Inovasi Nasional.



Karya ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xiii
PENGANTAR PENERBIT.....	xvii
KATA PENGANTAR.....	xix
PRAKATA	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II CAGAR BIOSFER DAN CAGAR BIOSFER CIBODAS....	9
A. Konsep dasar	9
B. Manfaat Cagar Biosfer	13
C. Taman Nasional sebagai Area Inti	19
D. Cagar Biosfer dan <i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs)	21
BAB III DESKRIPSI LINGKUNGAN FISIK.....	23
A. Lanskap Geospasial.....	23
B. Iklim.....	32
BAB IV VEGETASI BINAAN	57
A. Hutan Tanaman.....	58
B. Kebun dan Sawah	60

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BAB V	FAUNA DAN FLORA.....	69
	A. Fauna	69
	B. Flora	82
BAB VI	VEGETASI ALAMI	109
	A. Vegetasi Pamah.....	118
	B. Vegetasi Pegunungan	125
	C. Vegetasi Subalpin	161
	D. Vegetasi Terna Rawa Musiman Subalpin	204
	E. Vegetasi Subalpin pada Habitat Khusus	205
BAB VII	DINAMIKA VEGETASI.....	209
	A. Perubahan sebagai Sifat Vegetasi.....	209
	B. Rumpang	210
	C. Suksesi	225
BAB VIII	BIOLOGI TUMBUHAN	255
	A. Fenologi	255
	B. Penyerbukan	269
	C. Pemencaran Biji dan Perbanyakkan Tumbuhan	280
	D. Simbiosis	290
BAB IX	PENELITIAN BOTANI DI KAWASAN VEGETASI ALAMI	295
	A. Penelitian Masa Lampau	295
	B. Penelitian Masa Depan	310
	C. Penelitian Lainnya yang Berdampak ke Area Penyangga dan Area Transisi	320
BAB X	MERANGKUM UNTUK MELANGKAH KE DEPAN	323
	DAFTAR PUSTAKA	337
	DAFTAR SINGKATAN	373
	INDEKS UNTUK NAMA TUMBUHAN DAN HEWAN	377
	BIOGRAFI PENULIS	395

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Pembagian Wilayah Sebuah Cagar Biosfer	12
Gambar 2.	Cagar Biosfer Cibodas (CBC), yang terletak di Kabupaten Bogor, Kabupaten Cianjur, dan Kabupaten Sukabumi dengan tiga zona (Area Inti, Penyangga, dan Transisi) yang menghubungkan Ciawi, Cianjur, dan Sukabumi.	25
Gambar 3.	Curah hujan rata-rata bulanan (mm) dan jumlah hari hujan rata-rata bulanan di beberapa stasiun pencatatan hujan LMG (1969) di dalam dan sekitar TNGGP-CBC.	40
Gambar 4.	Curah hujan rata-rata (CHR), jumlah hari hujan rata-rata (JHR), dan suhu bulanan rata-rata (SR) di puncak G. Pangrango pada tahun 1912–1930.	43
Gambar 5.	Persentase Radiasi Matahari Rata-rata Bulanan dan Rata-rata Tahunan di Puncak G. Pangrango Selama Tahun 1918–1925.	46
Gambar 6.	Jumlah hari per bulan rata-rata dengan kelembapan 100% (KEL 100%); jumlah hari per bulan rata-rata tanpa matahari (TM); dan jumlah hari per bulan rata-rata dengan sinar matahari 100% (RAD 100%) di puncak G. Pangrango selama tahun 1918–1925.....	47

Gambar 7.	(A) Suhu udara: rata-rata tahunan (SRT) dan suhu rata-rata bulanan; (B) suhu rata-rata menurut waktu dalam satu hari selama tahun 1918–1925	48
Gambar 8.	Hutan tanaman <i>Maesopsis eminii</i> di Bodogol.....	59
Gambar 9.	Hutan tanaman <i>Altingia excelsa</i> di Bodogol.	59
Gambar 10.	Kebun palawija, sayuran, dan hutan tanaman <i>Altingia excelsa</i> di zona penyangga, serta G. Gede-Pangrango sebagai zona inti di latar belakang yang dilihat dari Lido.....	60
Gambar 11.	Kebun Campuran di Hulu Sungai Cimande dalam Zona Penyangga.....	61
Gambar 12.	Sawah dan Kampung di dalam Zona Penyangga	62
Gambar 13.	Kebun Stroberi di dalam Zona Penyangga	62
Gambar 14.	Kebun teh dengan pohon pelindung <i>Maesopsis eminii</i> di Perkebunan Gunung Mas dekat Puncak.	63
Gambar 15.	Pemukiman Desa Leuwi Sapi dengan Pekarangannya serta Sawah, Kebun, dan Belukar di Sekitarnya	64
Gambar 16.	Berbagai jenis tumbuhan eksotik dan asli di KRC.....	67
Gambar 17.	<i>Araucaria bidwillii</i> asal Australia di KRC.....	68
Gambar 18.	<i>Aeschynanthus longiflorus</i> , sebuah epifit yang tumbuh pada cabang pohon, kebanyakan pada lapisan bawah hutan, pada elevasi 500–1.500 mdpl.	96
Gambar 19.	<i>Rhododendron javanicum</i> , sebuah perdu dengan tinggi sampai 2.5 m pada punggung bukit berbatu-batu, dekat air terjun, aliran lava beku, dan batuan dekat kawah pada elevasi 800–2.400 mdpl.	96
Gambar 20.	<i>Hedychium roxburghii</i> , sebuah terna bertahunan dengan bunga harum yang tumbuh dalam hutan di tepi sungai dan lembah pada elevasi 850–1.700 mdpl.	97
Gambar 21.	<i>Vaccinium varingiaefolium</i> , perdu tinggi sampai 3 m, adakalanya epifit pada pangkal batang pohon atau kadang-kadang merambat di hutan pegunungan pada elevasi 700–2000 mdpl.	98
Gambar 22.	<i>Ophiorrhiza longiflora</i> , terna, tinggi sampai 1,5 m di hutan primer elevasi pada elevasi 1.000–1.700 mdpl.	98

Gambar 23.	<i>Rubus lineatus</i> , perdu merambat di tepi hutan dan semak lembah, di tepi jalan setapak pada subalpine pada elevasi 1.650–3.200 mdpl.	99
Gambar 24.	<i>Viola arcuata</i> , terna dengan rimpang merayap di tegalan basah, tepi danau, selokan, dan tempat terbuka pada elevasi 1.000–3.000 mdpl.	99
Gambar 25.	<i>Bartlettina sordida</i> spesies asing tumbuh di jalan setapak dalam hutan, tepi hutan dan tempat terbuka pada elevasi 1.400–1.700 mdpl.	106
Gambar 26.	<i>Smilax zeylanica</i> perdu merambat dalam hutan primer dan sekunder terutama di tepi hutan dan tempat tersinari matahari penuh, hutan bambu, hutan jati pada elevasi 50–1.600 mdpl.	107
Gambar 27.	<i>Brugmansia suaveolens</i> , berupa pohon kecil atau perdu yang tumbuh di tepi hutan, pada lereng pada elevasi sampai 1.400 mdpl, banyak ditanam sebagai pagar.	108
Gambar 28.	Kurva pertambahan kumulatif jumlah spesies menurut peningkatan luas dalam petak 1 ha hutan pamah di Bodogol dalam kawasan TNGGP-CBC.	119
Gambar 29.	Penyebaran Diameter Pohon dalam Petak 1 ha di Hutan Pamah TNGGP-CBC	123
Gambar 30.	Kurva Luas Spesies yang Menunjukkan Keanekaragaman Spesies Pohon	134
Gambar 31.	Diagram Profil Hutan Pegunungan	144
Gambar 32.	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> merupakan pohon besar dengan DSD sampai 180 cm dan kerapatan rata-rata sekitar 30 pohon/ha di hutan pegunungan.	145
Gambar 33.	<i>Asplenium nidus</i> , yang dikenal dengan nama umum sebagai tumbuhan paku sarang burung, merupakan epifit yang tumbuh pada batang dan dahan pohon di hutan pamah dan hutan pegunungan.	146
Gambar 34.	<i>Altingia excelsa</i> merupakan pohon besar dengan diameter DSD sampai 140 cm.	147

Gambar 35.	<i>Cyathea contaminans</i> merupakan paku pohon yang biasanya tumbuh dalam hutan pegunungan dengan kanopi terbuka (rumpang) atau di tepi hutan yang terpapar ke cahaya langsung.	148
Gambar 36.	Perubahan dominansi spesies sepanjang gradasi elevasi 1.600, 1.700 m, 1.900 m, 2.100 m, dan 2.300 mdpl di lereng timur-laut G. Gede-Pangrango, TNGGP-CB Cibodas.	155
Gambar 37.	Rawa Gayongong, yang terdapat dalam lingkungan hutan pegunungan G. Gede-Pangrango, didominasi <i>Phragmites karka</i> dan banyak jenis-jenis suku <i>Cyperaceae</i>	159
Gambar 38.	Telaga Biru yang berkembang di dalam lingkungan hutan pegunungan.	160
Gambar 39.	Air terjun di Cibeureum dengan rawa di bawahnya dan komunitas lumut dan terna di sekitarnya.	160
Gambar 40.	Hutan subalpin <i>Leptospermum polygalifolium</i> dengan karakteristik batang kecil dan bengkok dan pertumbuhan bawah yang tidak lebat di puncak G. Pangrango.	168
Gambar 41.	Hutan subalpin <i>Leptospermum polygalifolium</i> dengan <i>Anaphalis javanica</i> pada batas dengan alun-alun Suryakencana.	169
Gambar 42.	Asosiasi <i>Vaccinium varingiaefolium</i> - <i>Seligeria feei</i> , sebuah komunitas semak, dikelilingi oleh hutan subalpin <i>Paraserianthes lophantha</i> dekat Kawah Lanang dan Kawah Wadon di kompleks puncak G. Gede.	182
Gambar 43.	<i>Selliguea feei</i> , spesies yang dominan pada lapisan bawah asosiasi <i>Vaccinium varingiaefolium</i> - <i>Seligeria feei</i> dekat Kawah Lanang dan Kawah Wadon di kompleks puncak G. Gede.	183
Gambar 44.	Asosiasi <i>Anaphalis javanica</i> - <i>Isachne pangerangensis</i> sebuah komunitas subalpin di alun-alun Mandalawangi di puncak G. Pangrango yang dikelilingi hutan <i>Leptospermum polygalifolium</i>	188

Gambar 45.	Asosiasi <i>Anaphalis javanica-Tripogon filiformis</i> , sebuah komunitas subalpin di alun-alun Suryakencana di puncak G. Gede yang dikelilingi hutan subalpin yang didominasi oleh <i>Vaccinium varingaefolium</i> , <i>Leptospermum polygalifolium</i> , dan <i>Paraserianthes lophantha</i>	189
Gambar 46.	<i>Anaphalis javanica</i> spesies yang dominan pada lapisan atas dalam tipe komunitas <i>Anaphalis javanica-Isachne pangerangensis</i> di alun-alun Mandalawangi dan tipe komunitas <i>Anaphalis javanica-Tripogon filiformis</i> di alun-alun Suryakencana.	190
Gambar 47.	Kurva spesies-area untuk belta, perdu, dan terna berkayu di alun-alun Mandalawangi, alun-alun Suryakencana, dan semak tepi kawah di kawasan puncak G. Gede-Pangrango.	193
Gambar 48.	Nilai Kepentingan belta dan perdu yang di dominasi <i>Anaphalis javanica</i> di alun-alun Mandalawangi dan alun-alun Suryakencana serta semak tepi kawah yang didominasi <i>Vaccinium varingaefolium</i> di kawasan puncak G. Gede-Pangrango.	194
Gambar 49.	Kurva spesies-area untuk semai dan terna di alun-alun Mandalawangi, alun-alun Suryakencana, dan semak tepi kawah di kawasan puncak G. Gede-Pangrango. ..	196
Gambar 50.	Nilai Kepentingan Semai dan Terna di Alun-alun Mandalawangi dan Alun-alun Suryakencana	197
Gambar 51.	Persentase penutup <i>Carex verticillata</i> , <i>Isachne pangerangensis</i> , dan <i>Tripogon exiguus</i> dalam kuadrat di alun-alun Mandalawangi (A) dan alun-alun Suryakencana (B).....	202
Gambar 52.	Suksesi alami (SA) setelah tebang-habis di hutan tropik dan kemungkinan intervensi untuk pengembangan selanjutnya melalui Regenerasi Alam Dipercepat (RAD) dan Konversi (K). Kebakaran Berulang (KB) sering terjadi di belukar dan padang alang-alang yang berakhir dengan klimaks api.	230

Gambar 53.	Paku Pohon <i>Cyathea contaminans</i> Mendominasi Hutan Sekunder	242
Gambar 54.	Masa Berbunga 19 Spesies Selama Satu Tahun di G. Pangrango	268

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Desa Penyangga di Sekitar TNGGP	24
Tabel 2.	Tipe Hujan di Jawa Barat	35
Tabel 3.	Jenis Penggunaan Lahan di Daerah Penyangga TNGGP dalam CBC	57
Tabel 4.	Jumlah spesies tumbuhan berbunga di G. Gede-Pangrango menurut bentuk hidupnya.	84
Tabel 5.	Daftar spesies tumbuhan berbunga di hutan pamah alami pada elevasi 800–1.000 mdpl di Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango.	85
Tabel 6.	Batas-batas Zona Floristik/Iklim yang Dipadukan dengan Zona Vegetasi Pegunungan dan Subalpin di G. Gede-Pangrango	90
Tabel 7.	Beberapa Spesies Tersesat yang Mewakili Suku-Suku Daerah Rendah dan Tumbuh pada Elevasi 1.000–2.000 mdpl.....	91
Tabel 8.	Spesies Tumbuhan Berbunga yang Langka dan Endemik dalam Vegetasi Alami di G. Gede-Pangrango	93
Tabel 9.	Spesies Asing yang Terdapat dalam Vegetasi Alami di TNGGP-CBC	103
Tabel 10.	Garis Besar Tipe Vegetasi Alami di G. Gede-Pangrango	117

Tabel 11.	Lima belas spesies pohon yang mempunyai Indeks Nilai Kepentingan (INK), kerapatan ($K = \text{pohon/ha}$), atau Luas Area Dasar ($LAD = \text{m}^2$) tertinggi dalam satu ha plot hutan pamah alami di Bodogol, TNGGP-CB.	122
Tabel 12.	Rekaman Kramer (1926) tentang spesies tumbuhan bawah di hutan dengan kanopi tertutup di antara Ciparay dan Cikahuripan di G. Gede-Pangrango pada elevasi 1.100–1.500 mdpl.	137
Tabel 13.	Spesies pohon dengan jumlah pohon > 15 batang per ha dan pohon dengan $DSD \geq 100$ cm.	142
Tabel 14.	Kerapatan ($K = \text{jumlah pohon dengan } DSD \geq 10 \text{ cm per ha}$) dan dominansi nisbi ($DN = \% \text{ area dasar pohon}$) dari 12 spesies utama dalam lapisan I–III dalam petak 1 ha pada elevasi 1.600 mdpl di lereng timur-laut G. Gede-Pangrango.	148
Tabel 15.	Kerapatan ($K = \text{pohon per ha}$) dan Dominansi Nisbi ($DN = \text{area dasar nisbi}$) spesies pohon dengan $DSD \geq 10$ cm pada elevasi 1.600, 1.700 m, 1.900 m, 2.100 m, dan 2.300 mdpl di lereng timur-laut G. Gede-Pangrango, TNGGP-CB Cibodas.	150
Tabel 16.	Jumlah pohon (N) dengan $DSD \geq 10$ cm dan Dominansi Nisbi ($DN = \% \text{ area dasar pohon}$) dari spesies lapisan I–III dalam petak 1.000 m^2 pada elevasi 2.300 mdpl di lereng timur laut G. Gede-Pangrango.	152
Tabel 17.	Jumlah pohon (N) dalam petak (400 m^2) dan Dominansi Nisbi ($DN = \text{area dasar nisbi}$) spesies pohon dengan $DSD \geq 10$ cm pada elevasi 2.400 m, 2.600 m, 2.800 m, dan 3.000 mdpl) masing-masing dalam petak 400 m^2 di lereng timur laut G. Gede-Pangrango, TNGGP-CBC.	166
Tabel 18.	Nilai Dominansi Nisbi (DN) spesies pohon ≥ 10 cm dalam lapisan I–III, masing-masing dalam petak 400 m^2 di hutan subalpin bawah di G. Gede-Pangrango.	177
Tabel 19.	Daftar spesies belta, perdu, dan terna berkayu dengan nilai Dominansi Relatif (DR) dan Nilai Kepentingan (NK) dalam vegetasi di alun-alun Mandalawangi, alun-alun Suryakencana, dan semak tepi kawah di daerah puncak G. Gede-Pangrango.	191

Tabel 20.	Daftar spesies semai dan terna dengan persentase Dominansi Nisbi (DN) dan Nilai Kepentingan (NK) dalam petak pengamatan di alun-alun Mandalawangi, alun-alun Suryakencana, dan semak tepi kawah di daerah puncak G. Gede-Pangrango.	198
Tabel 21.	Kerapatan (individu/ha) belta, perdu, semai, dan terna dalam dua stratum pada komunitas yang didominasi oleh <i>Anaphalis javanica</i> di Mandalawangi, Suryakencana, dan semak tepi kawah.	201
Tabel 22.	Suhu udara rata-rata harian (°C) dan Kelembapan udara rata-rata harian (%) dalam rumpang dan di bawah kanopi tertutup dalam petak penelitian di hutan pegunungan dengan kanopi tertutup pada elevasi 1.100-1.500 mdpl antara Ciparay dan Cikahuripan di G. Gede-Pangrango	215
Tabel 23.	Perubahan Kekayaan Spesies Selama 17 Tahun di Hutan Pegunungan G. Gede-Pangrango	223
Tabel 24.	Spesies sekunder, termasuk spesies pionir, gulma, spesies dalam rumpang, dan spesies vegetasi primer yang berperilaku seperti spesies sekunder, dengan kisaran elevasi sebarannya.	231
Tabel 25.	Data 10 Spesies Pohon Utama Menurut Nilai Kepentingan di Hutan Tanaman yang Sudah Menjadi Perluasan Kawasan Konservasi di Resort Bodogol	252
Tabel 26.	Masa berbunga 19 spesies dengan skor angka kuantitas tumbuhan yang berbunga di puncak G. Pangrango.	267
Tabel 27.	Beberapa Spesies Tumbuhan Pegunungan dengan Hewan-hewan Pengunjungnya	276
Tabel 28.	Spesies tumbuhan yang buah dan bijinya dimakan oleh spesies burung di G. Gede-Pangrango dan gunung-gunung lain di Jawa dan Sumatra.	285

PENGANTAR PENERBIT



Sebagai penerbit ilmiah, Penerbit BRIN mempunyai tanggung jawab untuk menyediakan terbitan ilmiah yang berkualitas. Upaya tersebut merupakan salah satu perwujudan tugas Penerbit BRIN untuk turut serta mencerdaskan kehidupan bangsa sebagaimana yang diamanatkan dalam pembukaan UUD 1945.

Dalam rangka mewujudkan upaya tersebut, melalui salah satu terbitan ilmiahnya *Keragaman Vegetasi Alami Cagar Biosfer Cibodas*, Penerbit BRIN berusaha menyajikan informasi mengenai monografi ilmiah pertama tentang cagar biosfer di Indonesia, khususnya terkait dengan ekologi dan keragaman vegetasi alami di Cagar Biosfer Cibodas. Pengembangan isi buku ini dilakukan pada periode 2014–2019 dengan penambahan perkembangan teknologi terkini terkait penelitian flora masa depan.

Melalui buku ini, diharapkan dapat menjadi acuan dalam melakukan penelitian dengan topik serupa serta pengembangannya di cagar biosfer lain di Indonesia, bahkan di dunia. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ini.

Penerbit BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan YME atas selesainya buku yang dapat dianggap pertama terkait penelitian yang komprehensif menyangkut ekologi vegetasi alami di salah satu cagar biosfer yang telah dikukuhkan oleh UNESCO, yaitu Cagar Biosfer Cibodas. Cagar biosfer ini bersama tiga cagar lainnya, yaitu CB Komodo, CB Tanjung Puting, dan CB Lore Lindu, merupakan yang tertua di Indonesia karena dikukuhkan pada 1977 oleh UNESCO. Buku ini merupakan persembahan dalam rangka memperingati umurnya yang mencapai 45 tahun pada tahun 2022, sekaligus dalam rangka memperingati 50 tahun Program Man and the Biosphere (MAB) UNESCO pada tahun 2021. Selain karena lokasinya yang dekat dengan Ibu Kota, suasana pegunungan sejuk serta keunikan flora, fauna, serta mikroorganismenya, sangat mendukung pengembangan dan pengelolaan cagar biosfer ini lebih cepat dibandingkan lainnya. Selain sebagai sumber air minum ibu kota negara Indonesia dengan banyaknya mata air dari pegunungan, jasa lingkungan lain yang disediakan adalah ekoturisme menarik dari wilayah ini. Tidak mengherankan bila cagar biosfer ini dijadikan model pengelolaan cagar biosfer-cagar biosfer lain di Indonesia, bahkan di negara tetangga di ASEAN, karena komitmen pemerintah daerah, pihak pengelola zona inti yaitu Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui Balai Besar Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango, serta para pihak terkait

Buku ini tidak diperjualbelikan.

lainnya. Kawasan ini meliputi tiga kabupaten, yaitu Bogor, Cianjur, dan Sukabumi dengan satwa endemik owa Jawa (*silvery gibbon*) dan elang Jawa (*Javan Hawk Eagle*).

Pemerintah Indonesia telah menaruh perhatian besar terhadap upaya konservasi sumber daya hayati *in situ* dan *ex situ*. Sebagai salah satu negara yang ikut meratifikasi *Convention on Biological Diversity* (CBD), dengan demikian mempunyai kewajiban untuk ikut berperan aktif dalam pelaksanaan CBD dan turunannya. Penetapan dan pengelolaan cagar biosfer sebagai konservasi sumber daya hayati *in situ* sangat berperan strategis dalam implementasinya. Dengan tiga pilar fungsi cagar biosfer, yaitu konservasi yang mencakup keragaman hayati dan budaya, pembangunan berkelanjutan, dan pendukung logistik termasuk riset dan monitoring, menjadikan cagar biosfer sebagai model pengelolaan ideal yang menyeimbangkan (harmonisasi) manusia dan lingkungannya.

Buku tentang vegetasi alami serta penelitian keragaman flora yang terkait dan saran penelitian mendatang dengan teknologi baru yang tengah berkembang di Cagar Biosfer Cibodas dengan zona inti Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango ini, diharapkan dapat menjadi acuan dalam melakukan penelitian dengan topik serupa serta pengembangannya di cagar biosfer lain di Indonesia, bahkan di dunia. Dengan demikian, peran cagar biosfer dengan tiga pilarnya semakin dapat dirasakan manfaatnya, khususnya dalam mengonservasi flora kawasan pegunungan di Indonesia.

Oktober 2021

Kepala Organisasi Riset Ilmu Pengetahuan Hayati BRIN

Dr. Iman Hidayat

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PRAKATA

Keanekaragaman dan kompleksitas kehidupan dalam ekosistem tropik di Indonesia telah menarik perhatian para ilmuwan di Eropa sejak pertama kali para pakar perikehidupan alami membawa kembali hasil penjelajahan biota di Timur jauh sekitar empat abad yang lalu. Banyak peneliti dari mancanegara dan Hindia Belanda sejak pertengahan abad ke-18, terutama setelah “*sLands Plantenttuin* (Kebun Raya Indonesia) berdiri pada tahun 1817 sampai tahun 1950-an, mengadakan penelitian di kebun raya, terutama di Gunung Gede-Pangrango. Bagi biologiwan tropik dan pakar pengetahuan alam yang menelaah biologi dan ekologi flora tropik, Kebun Raya Bogor (KRB) dan Kebun Raya Cibodas (KRC) beserta kawasan berbagai ekosistem alami, khususnya ekosistem hutan alami di belakang KRC pada lereng G. Gede-Pangrango, adalah *a naturalist's paradise* (Went, 1945) atau sebuah surga. Tidak berlebihan bila dikatakan pengetahuan biologi tropik sampai tahun 1950-an banyak dikembangkan dan disumbangkan oleh penelitian di Bogor dan Cibodas.

Seiring berjalannya waktu, biologi tropik pun berkembang, dan para botaniwan mulai mengadakan eksplorasi serta menelaah komposisi, struktur, dan fungsi tumbuhan hutan tropik secara sistematis, terutama didorong oleh keperluan dalam aspek praktis, seperti pemanfaatan dan konservasi. Konservasi spesies tropik yang

efektif bergantung pada pengetahuan dasar tentang sebaran spesies dalam ruang, dinamika populasinya, dan interaksi yang kompleks antarspesies dalam komunitas (Bawa dkk., 1994). Pengetahuan yang berasal dari hutan yang utuh, seperti struktur komunitas, daur air dan hara serta aliran energi sangat diperlukan untuk pengembangan dan konservasi.

Kami menyadari bahwa pengetahuan tentang hutan tropik masih jauh dari lengkap sehingga penghimpunan dan pengintegrasian data yang terpecah untuk menggambarkan kondisi terkini ekologi tropik akan sangat bermanfaat. Penyajian mengenai berbagai aspek hutan tropik yang dibuat oleh Richards (1996) dan Whitmore (1986), UNESCO (1978), Bawa & Hadley (1990) dan Gomez-Pompa dkk. (1991) berskala pantropik dan regional. Bab-bab tentang hutan dan ekosistem lain yang berskala nasional disajikan dalam seri buku ekologi Indonesia oleh McKinnon dkk. (2000) untuk Kalimantan, Marshall & Beehler (2007) untuk Papua, Monk dkk. (1997) untuk Nusa Tenggara dan Maluku, Whitten dkk. (1984) untuk Sumatra, Whitten dkk. (1987) untuk Sulawesi, serta Whitten dkk. (1996) untuk Jawa dan Bali, dsb.

Buku ini menghimpun dan memadukan data yang ada tentang vegetasi alami dan keragamannya, segi-segi ekologi terkait lainnya di Cagar Biosfer Cibodas (CBC), serta menyajikannya secara naratif dan deskriptif. Vegetasi alami yang mencakup hutan pamah, hutan pegunungan, hutan subalpin, serta vegetasi perdu dan terna subalpin dari elevasi 700 m hingga 3.019 mdpl di puncak G. Pangrango merupakan kawasan pelestarian inti Taman Nasional G. Gede-Pangrango. Kawasan pelestarian inti ini bersama-sama dengan berbagai ekosistem binaan di sekitarnya, dengan sebagian besar batasnya berupa jalan raya Ciawi-Sukabumi-Cianjur-Cipanas-Ciawi di Kabupaten Bogor, Kab. Sukabumi, dan Kab. Bogor, membentuk Cagar Biosfer Cibodas. Vegetasi alami ini telah menjadi subyek penelitian botani oleh para ilmuwan sejak empat abad yang lalu, seperti ditunjukkan dalam bibliografi sampai dengan 1950 yang telah dihimpun oleh Steenis & Steenis-Kruseman (1953). Hasil penelitian masa lampau tersebut bersama dengan karya ilmiah terpilih yang

relevan dan andal oleh para ilmuwan pasca Perang Dunia II pada Bab IV–V dijadikan bahan penulisan buku ini. Penyajian buku ini difokuskan kepada komposisi spesies dan struktur berbagai tipe vegetasi alami sepanjang landaian (*gradient*) elevasi (Bab VI), dinamika vegetasi, termasuk dinamika rumpang dan suksesi (Bab VII) serta biologi tumbuhan, yang mencakup fenologi, penyerbukan bunga dan pemencaran biji (Bab VIII), tentunya didahului dengan bab-bab konsep cagar biosfer (Bab II), deskripsi pendek tentang geografi, topografi, tanah, geologi, dan iklim (Bab III), vegetasi binaan (Bab IV), fauna, sejarah penelitian botani, dan flora (Bab V).

Buku ini memuat pertelaan naratif–kualitatif tentang fakta-fakta yang diuraikan oleh para peneliti pada masa ekologi kualitatif sebelum Perang Dunia II, terutama uraian oleh Docters van Leeuwen (1933), yang banyak disarikan oleh Steenis dkk. (1972, 2006) dalam *the Mountain flora of Java* dan terjemahannya, Flora Pegunungan Jawa, yang banyak dikutip dalam buku ini. Data dan informasi kualitatif ini kemudian dilengkapi dengan data kuantitatif yang diambil dari hasil penelitian selama enam dasawarsa terakhir, setelah Perang Dunia II usai, termasuk Meijer (1959), Rollet dkk. (1976), Yamada (1975, 1976a dan b, 1977), Srijanto (1987), Abdulhadi dkk. (1998), Helmi dkk. (2009), Sadili dkk. (2009), Gunawan dkk. (2011), Rahman dkk. (2011), Widyatmoko dkk. (2011, 2013), Astutik (2013), Zuhri dan Mutaqien (2013), Nuraeni dkk. (2014), Rozak dkk. (2016), Hilwan dan Irfani (2018), dan Alhamd dan Rahajoe (2013).

Dalam buku ini, kami menghimpun dan menyajikan data dan informasi yang tersedia tentang vegetasi alami, keragaman dan segi-segi ekologi terkait lainnya, serta catatan lapangan kami. Data vegetasi ini ditujukan untuk: (1) menyajikan informasi dasar untuk pengenalan awal vegetasi bagi mahasiswa, peneliti dan masyarakat umum yang ingin mengenal berbagai tipe vegetasi, penelitian lanjutan, pendidikan konservasi dan lingkungan, praktik lapangan mahasiswa, pencinta alam, dan wisatawan yang berwawasan perikehidupan alam, (2) menyediakan data dasar yang dapat dimanfaatkan pula oleh para pengambil keputusan untuk pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya hayati dalam pembangunan serta pelestariannya,

dan (3) khususnya untuk perencanaan dan pelaksanaan pembangunan lebih lanjut CBC dan TNGGP.

Buku ini ditulis sebagian berdasarkan laporan teknis yang disampaikan penulis pertama (KK), sebagai *Senior Advisor in Environmental Science*, kepada UNESCO Office, Jakarta dan kegiatan penulis kedua (ES) sewaktu menjabat Ketua Komite Nasional Man and Biosphere (MAB) pada periode 2014–2019 serta sebagai peneliti di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Pengembangan isi buku ini dilakukan pada periode 2014–2019 dengan penambahan perkembangan teknologi terkini terkait penelitian flora masa depan.

Kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada *Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen* di Amsterdam, Negeri Belanda, yang telah memberikan izin untuk memanfaatkan secara bebas data dan informasi yang terkandung dalam W. M. Docters Van Leeuwen (1933). Terima kasih banyak juga kami sampaikan kepada Prof. (Emeritus) Isamu Yamada dan Editor dari Southeast Asian Studies (SEAS), University of Kyoto, Kyoto, Jepang, yang telah memberikan izin untuk menggunakan data dan informasi dari penerbitan: (1) Yamada (1975), (2) Yamada (1976a), (3) Yamada (1976b), dan (4) Yamada (1977). Apresiasi juga kami sampaikan kepada Editor *Reinwardtia*, Pusat Penelitian Biologi, LIPI, yang mengizinkan penggunaan data dan informasi dari penerbitan (1) Helmi dkk. (2009) dan (2) Sadili dkk. (2009). Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Komite Nasional *Man and the Biosphere* (MAB) Indonesia yang telah memberikan izin untuk menggunakan data dan informasi yang terkandung dalam berbagai penerbitan Komisi Nasional MAB Indonesia dan naskah yang tidak diterbitkan.

Dalam penulisan buku ini, Dr. Ismayadi Samsuodin memberi masukan tentang ekosistem binaan, Dr. Herwasono Soedjito tentang sebagian isi cagar biosfer dan foto-foto, serta Drs. Asep Sadili, Dr. Alex Sumadijaya, dan Dr. Abdulrokhman Kartonegoro tentang arara subalpin, flora anggrek, dan rumput-rumputan serta foto-foto. Ibu Jenny A. Kartawinata, Dr. Asep Sadili, Dr. Alex Sumadijaya, dan Dr. Abdulrokhman Kartonegoro juga memeriksa draf pertama. Drs. Boeadi telah memperbaiki beberapa nama spesies mamalia

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dan Prof. Dr. Dewi M. Prawiradilaga sebagian spesies burung. Kami mengucapkan terima kasih kepada mereka yang disebut di atas, serta semua pihak yang telah membantu kami secara langsung ataupun tidak langsung.

Penulis

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB I

PENDAHULUAN

Buku ini merupakan monografi ilmiah pertama tentang cagar biosfer (CB) di Indonesia, khususnya terkait dengan ekologi dan keragaman vegetasi alami di Cagar Biosfer Cibodas (CBC). CBC merupakan salah satu dari 19 cagar biosfer di Indonesia, dan juga merupakan satu dari empat cagar biosfer tertua di Indonesia. Oleh karena itu, monografi ini dapat menjadi acuan untuk penelitian di cagar biosfer lainnya, yang mempunyai ekosistem pegunungan, termasuk CB. Gunung Leuser, CB. Bromo-Tengger-Semeru-Arjuno, dan CB. Merapi-Merbabu-Menoreh, yang acuan dasarnya terdapat dalam flora pegunungan Jawa (Steenis dkk. 2006). Hasil penelitian pada abad ke-19 hingga penelitian terkini menunjukkan bahwa vegetasi alami di banyak lokasi di Gunung Gede-Pangrango tidak mengalami banyak perubahan yang signifikan. Demikian pula spesies dominan dan spesies pohon berdiameter terbesar tetap mendominasi. Spesies asli TNGGP ini dapat diperbanyak untuk kegiatan restorasi ekologi dan rehabilitasi hutan dan lahan rusak.

Monografi ini menghimpun dan memadukan data yang ada tentang vegetasi alami dan segi-segi ekologi terkait lainnya di CBC, yang disajikan secara naratif kualitatif. Data dan informasi naratif, kualitatif, dan deskriptif diuraikan oleh para peneliti pada masa ekologi kualitatif sebelum Perang Dunia II, terutama uraian oleh

Docters van Leeuwen (1933), yang banyak disarikan oleh Steenis dkk. (1972, 2006) dalam *the Mountain flora of Java* dan terjemahannya *Flora Pegunungan Jawa*. Data dan informasi kualitatif ini kemudian dilengkapi dengan data kuantitatif yang diambil dari hasil penelitian selama enam dasawarsa terakhir, setelah Perang Dunia II usai. Vegetasi alami telah menjadi subjek penelitian botani oleh para ilmuwan sejak empat abad yang lalu. Hasil penelitian masa lampau tersebut bersama dengan karya ilmiah terpilih yang relevan dan andal oleh para ilmuwan pasca-Perang Dunia II, termasuk para peneliti muda Indonesia yang diuraikan pada Bab 9 dijadikan sebagai bahan penulisan monografi ini.

Flora khas pegunungan dan subalpin pada elevasi 1.000–3.029 mdpl, yang terdiri atas 355 spesies, didata dan diuraikan di dalam buku ini. Dikemukakan juga informasi tentang spesies tumbuhan berbunga di hutan pamah alami pada elevasi 800–1.000 mdpl di TNGGP dan jenis paku-pakuan serta suku-suku daerah rendah yang tumbuh pada elevasi 1.000–2.000 mdpl. Bentuk hidup flora pegunungan di Jawa, termasuk G. Gede-Pangrango, yang berupa tumbuhan memanjat, tumbuhan hemi-epifit, epifit, parasit, saprofit, insektivora, sukulen, geofit, dan terofit diuraikan juga. Selain itu, buku ini mengemukakan spesies tumbuhan berbunga langka dan endemik, yang sebarannya terbatas di G. Gede-Pangrango dan/atau Jawa Barat. Beberapa spesies dengan status langka dan endemik diperbanyak oleh peneliti KRC, seperti *Aeschynanthus* dan *Rhododendron*. Upaya lain dilakukan juga untuk memperoleh perbaikan genetik, terutama tanaman hias, untuk didaftarkan sebagai spesies yang dilindungi dan dijadikan maskot KRC.

Selain menguraikan konsep cagar biosfer dan khusus Cagar Biosfer Cibodas serta deskripsi lingkungan fisik dan iklim, vegetasi binaan, dan juga fauna dan flora lengkap dengan sejarah penelitian botani, buku ini juga menguraikan komposisi spesies dan struktur berbagai tipe vegetasi alami sepanjang landaian (*gradient*) elevasi, dinamika vegetasi, termasuk dinamika rumpang dan suksesi. Bab selanjutnya tentang biologi tumbuhan, yang mencakup fenologi, penyerbukan bunga, pemencaran biji, dan simbiosis yang terjadi,

Buku ini tidak diperjualbelikan.



antara lain mikoriza dan simbiosis mikroalga. Penelitian botani yang telah dilakukan, sedang, dan akan dilakukan juga diuraikan. Selain itu, penelitian masa kini yang sudah dilakukan dan penelitian mendatang yang diperlukan juga dibahas dan dikaitkan dengan teknologi modern, termasuk biologi molekuler yang digunakan untuk perbaikan genetik dan investigasi manfaat menggunakan contoh jenis lain dan di lokasi lain. Buku ini juga dilengkapi dengan rencana ke depan dan hal yang perlu dilakukan di masa mendatang terkait cagar biosfer, khususnya Cagar Biosfer Cibodas (CBC).

Indonesia terdiri atas ribuan pulau yang tertutup oleh berbagai macam vegetasi alami yang tersebar dari pantai sampai ke puncak gunung es yang mengandung keanekaragaman tumbuhan yang tinggi. Vegetasi alami ini berkembang dalam kurun waktu ribuan tahun, tetapi vegetasi alami tersebut mengalami kerusakan parah dan ekstensif dalam masa sekitar lima dasawarsa terakhir sejak eksploitasi sumber daya tumbuhan, khususnya pohon, dan konversi hutan untuk manfaaat lain. Kerusakan dan konversi vegetasi alami, khususnya hutan, di Pulau Jawa sudah berlangsung lebih lama lagi sejak berkembangnya pertanian rakyat dan perkebunan skala besar, termasuk perkebunan karet, kopi, dan teh, serta konversi hutan alami menjadi hutan tanaman jati, yang dimulai dengan gencar dan intensif pada abad ke-19. Hutan-hutan alami daerah rendah sudah hampir punah, dan kalaupun masih ada sudah tidak utuh lagi. Hutan-hutan alami yang relatif masih baik hanya terdapat di pegunungan. Untuk mencegah kepunahan berbagai ekosistem beserta komponen vegetasi, flora, fauna, dan habitat telah dibuat berbagai kawasan pelestarian yang berupa cagar alam, taman nasional, suaka margasatwa, dan cagar biosfer. Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango (TNGGP) adalah salah satu kawasan pelestarian yang tertua. TNGGP bersama dengan ekosistem binaan di sekitarnya yang mencakup perkebunan teh, pemukiman, pekarangan, kebun sayuran, kebun campuran, sawah, dan hutan tanaman dengan sebagian besar batasnya berupa batas jalan raya Ciawi-Puncak-Cianjur-Sukabumi-Ciawi membentuk Cagar Biosfer Cibodas (CBC) yang terletak di Kabupaten Bogor, Kabupaten Cianjur, dan Kabupaten Sukabumi.

Cagar Biosfer yang merupakan program Man and the Biosphere (MAB) UNESCO, baik konsep dasar, manfaat, zonasi, maupun kaitannya dengan Agenda 2030 (*Sustainable Development Goals*) belum banyak dipahami berbagai lapisan masyarakat, termasuk kalangan peneliti/akademisi, industri dan perusahaan swasta, jajaran pemerintah daerah, dan lembaga swadaya masyarakat (LSM). Oleh karena itu, bagian awal buku yang terdiri dari 10 bab ini menjabarkan hal terkait cagar biosfer, khususnya Cagar Biosfer Cibodas (CBC), yang ditetapkan secara resmi oleh UNESCO pada tahun 1977, lima tahun setelah Program MAB UNESCO berdiri dan merupakan satu dari empat cagar biosfer tertua di Indonesia, yaitu yang ditetapkan oleh UNESCO bersamaan dengan Cagar Biosfer (CB) Lore Lindu, CB Tanjung Puting, dan CB Komodo.

Menurut UU Nomor 5 Tahun 1990, Pasal 1 ayat (12), “Cagar Biosfer adalah suatu kawasan yang terdiri dari ekosistem asli, ekosistem unik, dan/atau ekosistem yang telah mengalami degradasi yang keseluruhan unsur alamnya dilindungi dan dilestarikan bagi kepentingan penelitian dan pendidikan”. Cagar Biosfer Cibodas merupakan sebuah cagar biosfer (CB) yang istimewa karena meliputi wilayah konservasi *in situ* Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango (TNGGP) sebagai area inti dan area konservasi *ex situ* tumbuhan Kebun Raya Cibodas di zona penyangga. Selain itu di dalam CBC tercakup juga komponen hutan lindung, hutan tanaman, lahan perkebunan, lahan pertanian padi, sayuran, dan buah-buahan, fasilitas pariwisata dan permukiman, termasuk permukiman tradisional etnik Sunda. CBC telah lebih dari 42 tahun terdaftar sebagai anggota Jejaring Cagar Biosfer Dunia (*The World Network of Biosphere Reserves*) sejak dideklarasikan pada 1977.

Sejarah awal kawasan CBC dapat dirunut mengikuti sejarah status perkembangan TNGGP sejak tahun 1889 sebagai berikut (Adison, 2017):

- 1) Surat Keputusan Gubernur Jenderal Hindia Belanda Nomor 50 tanggal 17 Mei 1889 menetapkan Kebun Raya Cibodas dan areal hutan di atasnya sebagai Cagar Alam (CA) Cibodas-Gunung Gede dengan luas 240 ha.



- 2) Surat Keputusan Gubernur Jenderal Hindia Belanda Nomor 33 staatsblad No. 392-15 tanggal 11 Juni 1919 menetapkan kawasan (CA) tersebut diperluas hingga areal hutan di sekitar air terjun Cibeureum.
- 3) Surat Keputusan Gubernur Jenderal Hindia Belanda Nomor 83 staatsblad No 392-11 menetapkan areal hutan lindung di lereng Gunung Pangrango sebagai Cagar Alam Cimungkat dengan luas 56 ha.
- 4) Surat Keputusan Gubernur Jenderal Hindia Belanda Nomor 7 staatsblad 15 tanggal 5 Januari 1925 menetapkan daerah puncak Gunung Gede, G. Gumuruh, G. Pangrango dan DAS Ciwalen serta Cibodas sebagai Cagar Alam Cibodas-Gunung Gede dengan luas 1.040 ha.
- 5) Surat Keputusan Gubernur Jenderal Hindia Belanda tanggal 26 tanggal 27 Juli 1927 menunjuk kompleks G. Gede dan G. Pangrango di Kabupaten Bogor, Sukabumi, dan Cianjur sebagai kawasan hutan dengan luas 14.000 ha.
- 6) Surat Keputusan Menteri Pertanian RI Nomor 461/Kpts/Um/31/1975 menetapkan daerah Situgunung, lereng selatan Gunung Pangrango dan bagian timur Cimungkat sebagai taman wisata dengan luas 100 ha.
- 7) Surat Keputusan Menteri Pertanian RI No. 108/Kpts/Um/2/1979 tanggal 10 Februari 1979 menunjuk kawasan hutan Gunung Gede dan Gunung Pangrango sebagai kawasan hutan suaka alam/cagar alam dengan luas 14.000 ha.
- 8) Menteri Pertanian RI tanggal 6 Maret 1980 mengumumkan kawasan CA Cibodas, CA Cimungkat, CA Gunung Gede-Pangrango, TWA Situgunung, dan areal hutan alam di lereng hutan Gunung Gede-Pangrango sebagai Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango dengan luas 15.196 ha.
- 9) Surat Keputusan Menteri Pertanian RI No. 736/Men-tan/X/1982 tanggal 14 Oktober 1982 menetapkan Kawasan Hutan Gunung Gede-Pangrango sebagai Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango dengan luas 15.196 ha.

- 10) Surat Keputusan Menteri Kehutanan RI No. 472/Kpts-II/1992 tanggal 22 Mei 1992 menetapkan kompleks hutan Gunung Gede dan Gunung Pangrango yang terletak di Kabupaten Daerah Tingkat II Bogor, Sukabumi, dan Cianjur seluas 14.100,75 ha sebagai kawasan hutan tetap dengan fungsi hutan suaka alam/cagar alam 14.100,75 ha.
- 11) Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 174/Kpts-II/2003 tanggal 10 menetapkan Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango dengan luas \pm 21.975 ha.
- 12) Surat Nomor 002/BAST-HUKAMAS/III/2009 Nomor 123/II-TU/2/2009 tanggal 6 Agustus 2009, perluasan kawasan Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango Perum Perhutani III Jawa Barat dan Banten menyerahkan areal seluas 7.655 ha kepada BB TNGGP sehingga total luas kawasan TNGGP menjadi 22.851,030 ha.
- 13) Keputusan Dirjen PHKA Nomor 39/IVKKBHL/2011 tanggal 22 Februari 2011 menetapkan luas kawasan Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango menjadi 22.851,03 ha.
- 14) Surat Keputusan Menhut RI No SK.3683/Menhut-VII/KUH/2014 tanggal 08 Mei 2014 menetapkan Kawasan Hutan Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango menjadi 24.270,80 ha.

Luas total kawasan Cagar Biosfer Cibodas (CBC) yang sekarang adalah 167.000 ha, setelah perluasan yang semula 114.779 ha. Penambahan luas ini disumbangkan oleh perluasan Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango sebagai area inti CBC dari 2.525 ha menjadi 24.500 ha dan perluasan zona penyangga serta perluasan zona transisi, yang mencakup kawasan perkebunan, pemukiman, dan lainnya di Kabupaten Bogor, Sukabumi, dan Cianjur. Sebagai cagar biosfer yang terdekat dengan ibu kota, CBC merupakan penyedia air minum, pemasok komoditas hortikultura, salah satu tempat rekreasi beriklim sejuk, serta penyedia karbon, oksigen, dan jasa ekosistem lainnya bagi Jakarta dan kawasan sekitarnya. Banyak keunikan dan sejarah penting yang terjadi di masa lalu dan masih berperan hingga



sekarang serta menjadi cikal bakal TNGGP dan CBC, termasuk penelitian yang terkait dengan ekologi, flora, fauna, dan mikroorganisme, terutama tentang ekosistem, keragaman hayati, dan vegetasi.

Oleh karena itu, peran penting tersebut perlu diketahui banyak pihak terkait untuk dijadikan acuan ilmiah sebagai dasar pengelolaan dan pengembangan CBC. Integrasi informasi dan data terkait CBC yang menyeluruh ini merupakan upaya yang pertama dari 19 cagar biosfer di Indonesia yang sudah ditetapkan UNESCO hingga tahun 2021. Yang dirangkum adalah informasi dan data tentang vegetasi alami pegunungan, termasuk struktur dan komposisi dengan faktor habitatnya, uraian tentang flora (termasuk kaitan flora dan elevasi, bentuk hidup, flora langka dan flora asing), dinamika vegetasi, biologi tumbuhan, dan berbagai fauna. Selain itu, dicatat juga berbagai vegetasi binaan, termasuk Kebun Raya Cibodas, perkebunan teh, kebun sayuran, kebun tradisional penduduk, sawah, pekarangan di pemukiman, hutan rakyat, dan kawasan wisata. Hutan pegunungan di Jawa sangat penting karena Pulau Jawa dengan luas sekitar 13 juta ha hanya mempunyai penutup hutan 24% dari luas total daratan Jawa dan hutan alami yang tersisa hanya terdapat di daerah pegunungan dengan elevasi 800–2.500 mdpl yang meliputi hutan pegunungan bawah, hutan pegunungan atas, dan hutan subalpin. Selain vegetasi dan keragamannya yang dibahas lengkap dan runut di berbagai lokasi dengan elevasi berbeda sejak masa lalu hingga sekarang, fauna dan mikroorganisme yang ada di kawasan serta penelitian yang diperlukan di masa mendatang dapat ditemukan dalam buku ini.

CBC dengan area inti TNGGP secara administrasi terletak di tiga kabupaten, yaitu Kabupaten Bogor, Kabupaten Cianjur, dan Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Wilayah cagar biosfer sangat jelas, dengan batas luar sebagian besar berupa jalan raya Ciawi–Sukabumi–Cianjur–Puncak–Ciawi (lihat Gambar 1). Dari uraian di atas jelas bahwa TNGGP mewadahi kawasan konservasi pertama di Indonesia. Berbagai ekosistem tropik yang terkandung di dalamnya merupakan ekosistem hutan pegunungan, ekosistem hutan subalpin, ekosistem semak serta ekosistem terna, yang membentang

dari elevasi 700 mdpl sampai dengan dua puncak utama, yaitu G. (Gunung) Gede (2.958 mdpl) dan G. Pangrango (3.019 mdpl).

Telaah ekologi dan biologi vegetasi CBC tidak dapat dipisahkan dari kajian di TNGGP yang merupakan area atau kawasan inti CBC. Istilah cagar biosfer belum banyak dikenal oleh masyarakat umum Indonesia, walaupun kata cagar biosfer telah tercantum dalam Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya. Masyarakat umum lebih mengenal istilah taman nasional daripada cagar biosfer. Pengelolaan cagar biosfer dan taman nasional menggunakan sistem zonasi, tetapi masing-masing mempunyai fungsi dan tujuan yang lebih khusus. Pedoman pengelolaan mutakhir telah diterbitkan oleh Direktorat Kawasan Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Purwanto dkk., 2017). Menurut UU Nomor 5 Tahun 1990: Pasal 1 ayat (12), “Cagar Biosfer adalah suatu kawasan yang terdiri dari ekosistem asli, ekosistem unik, dan/ atau ekosistem yang telah mengalami degradasi yang keseluruhan unsur alamnya dilindungi dan dilestarikan bagi kepentingan penelitian dan pendidikan”. Pada Pasal 18 ayat (1) disebutkan “dalam rangka kerja sama konservasi internasional, khususnya dalam kegiatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 17, kawasan suaka alam dan kawasan tertentu lainnya dapat ditetapkan sebagai Cagar Biosfer”.

Dengan adanya buku ini, akan semakin banyak yang mengenal istilah cagar biosfer, definisi, dan fungsinya, khususnya untuk CB. Cibodas karena sangat berperan penting dalam sejarah. Kawasan G. Gede-Pangrango dan KRC sebagai area inti dan penyangga CBC merupakan pusaka ilmiah dunia atau *scientific world heritage*. Oleh karena itu, sejarah singkat penelitian botani di kawasan ini juga diuraikan. Eksplorasi botani awal dilakukan oleh Thunberg, kemudian Junghuhn dan diikuti peneliti lainnya di dunia yang terus berlanjut hingga sekarang dengan mengacu hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan, bahkan terus diacu peneliti dunia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB II

CAGAR BIOSFER DAN CAGAR BIOSFER CIBODAS

A. Konsep dasar

Cagar biosfer dapat didefinisikan sebagai suatu kawasan ekosistem daratan atau pesisir yang diakui oleh program Man and the Biosphere (MAB-UNESCO) untuk mendukung keseimbangan hubungan antara manusia dan alam: “*A concept of site management to harmonize the needs for biodiversity conservation, socio economic development and logistic supports, in order to promote a balanced relationship between human and nature*” (Vernhes, 2007; Soedjito, 2004; Purwanto dkk., 2017; UNESCO, 1996). Di penjabaran Program Natural Sciences UNESCO, cagar biosfer merupakan situs untuk lima kegunaan, yaitu: (1) sebagai konservasi biodiversitas (genetik, spesies dan ekosistem); (2) sebagai laboratorium alam untuk pembangunan berkelanjutan, penelitian dan pengembangan sumber daya alam, sosial budaya, sosial ekonomi, dan peningkatan kapasitas; (3) sebagai tempat pembelajaran kesetaraan; (4) sebagai pembangunan berkelanjutan; (5) untuk memperkuat mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

Cagar biosfer mempunyai tiga fungsi terpadu (UNESCO, 1996; Purwanto dkk., 2017), yaitu (1) Fungsi konservasi sumberdaya hayati dan ekosistem serta keragaman budaya (*Conservation of biodiversity and culture*). Fungsi ini memberi kontribusi konservasi lanskap,

ekosistem, jenis, dan plasma nutfah, serta keragaman budaya; (2) Fungsi pembangunan (*Development*) yang menumbuhkan dan memperkaya pembangunan ekonomi yang berkelanjutan dan bijak secara ekologi maupun budaya; dan (3) Fungsi pendukung berbagai kegiatan logistik (*Logistic support*), termasuk penelitian, pendidikan, pelatihan, dan pemantauan yang terkait dengan masalah konservasi dan pembangunan berkelanjutan di tingkat lokal, regional, nasional, maupun global. Dengan demikian, cagar biosfer dapat diartikan sebagai konsep pengelolaan lanskap yang terdiri atas berbagai tipe ekosistem yang membentuk kawasan konservasi, kawasan budi daya, dan kawasan pemukiman untuk kepentingan pembangunan ekonomi berkelanjutan dan konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistem, yang diperkuat oleh dukungan logistik (*logistic support*), termasuk kajian ilmiah yang andal dan peningkatan sumber daya manusia (Purwanto dkk., 2017).

Kumpulan cagar biosfer di dunia membentuk Jejaring Cagar Biosfer Dunia (*The World Network of Biosphere Reserves*), yang di dalamnya dipromosikan program pertukaran informasi, pengalaman, dan personel, terutama di antara cagar biosfer dengan tipe ekosistem yang sama dan/atau dengan pengalaman yang sama dalam memecahkan masalah konservasi dan pembangunan. Jejaring Cagar Biosfer Dunia diluncurkan pada 1976 dan telah berkembang dari 324 cagar biosfer di 82 negara pada 1995 menjadi 714 di 129 negara pada 2020 yang terjalin dalam *The World Network of Biosphere Reserves (WNBR) of the MAB Programme* (UNESCO, 2019) dan di Indonesia bertambah dari 4 pada 1977 menjadi 19 buah pada 2020.

Dengan demikian, Jejaring Cagar Biosfer Dunia memberikan kontribusi yang sesuai dengan tujuan Agenda 21 dan Konvensi Keanekaragaman Hayati (*Convention on Biological Diversity/CBD*) sebagai hasil KTT Bumi 1992 (*1992 United Nation Conference on Environment and Development*). Berbagai fungsi cagar biosfer serta Jejaring Cagar Biosfer Dunia telah didefinisikan dan diuraikan dalam “Strategi Seville & Kerangka Hukum Jejaring Dunia” (*The Seville Strategy & The Statutory Framework of the World Network*) yang telah disetujui oleh Konferensi Umum (*General Conference*) UNESCO



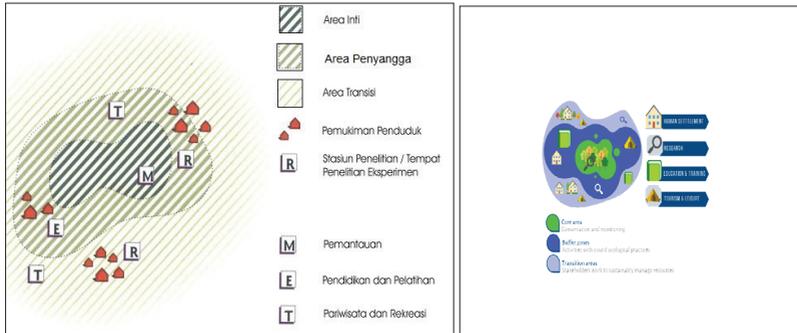
pada November 1995. Kerangka hukum ini menekankan juga prosedur peninjauan dan pengkajian ulang setiap 10 tahun sekali. Informasi yang lebih rinci dapat dilihat pada Vernhes (2007).

Kongres MAB tahun 2008 di Madrid, Spanyol, menghasilkan *Madrid Action Plan* dan *Madrid Declaration* (Purwanto dkk., 2017). Ditegaskan bahwa cagar biosfer harus dapat menjawab tantangan tentang (1) perubahan iklim secara global, (2) memperoleh jasa ekosistem yang lebih baik, dan (3) mengantisipasi masalah urbanisasi. *Madrid Declaration* merekomendasikan penanganan empat masalah pokok yang saling terkait, yaitu (1) kerja sama, pengelolaan, dan komunikasi, (2) zonasi dan keterkaitan antar zona, (3) ilmu pengetahuan dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia, serta (4) kemitraan (*partnership*).

Untuk mengintegrasikan fungsi konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistem, fungsi pembangunan ekonomi berkelanjutan dan fungsi dukungan logistik (*logistic support*), pengelolaan cagar biosfer diatur menurut sistem pembagian wilayah (Gambar 1), yang meliputi *area inti* (*core area*) untuk pelestarian, *area penyangga* (*buffer area*), dan kawasan luar yang merupakan *area transisi* (*transition area*) atau kawasan untuk kerja sama dengan masyarakat lokal (Purwanto dkk., 2017). Area inti cagar biosfer harus mempunyai perlindungan hukum jangka panjang agar kelestarian keanekaragaman hayatinya dapat terjamin. Kegiatan yang diijinkan adalah pemantauan ekosistem yang tidak mengganggu dan melakukan penelitian yang tidak merusak (tanpa manipulasi) serta kegiatan-kegiatan lain yang pasif seperti pendidikan. Di Indonesia semua area inti cagar biosfer mempunyai status kawasan konservasi, termasuk taman nasional.

Perlu diketahui bahwa dalam taman nasional terdapat sistem zonasi juga, yaitu *zona inti* (*core zone*), *zona pemanfaatan* (*utilization zone*), dan *zona rimba* (*wilderness zone*). Oleh karena itu, pembagian wilayah dalam sistem cagar biosfer dipakai istilah *area* (dalam Bahasa Indonesia) agar dapat dibedakan dari *zona* dalam sistem taman nasional, walaupun dalam istilah UNESCO dalam bahasa Inggris menggunakan istilah “zonation” dan “zone”. Perubahan di area inti akan berdampak pada area penyangga, dan kemudian juga ke area

transisi. Area penyangga cagar biosfer umumnya mengelilingi atau bersebelahan dengan area inti dan berfungsi untuk melindungi area inti dari dampak kegiatan manusia. Berbagai kegiatan yang secara ekologi dapat dipertanggungjawabkan dilaksanakan di area ini, termasuk penelitian, pelatihan, dan pendidikan, serta rekreasi tertentu dan pemanfaatan yang berkelanjutan dari sumber daya alam yang dapat diperbarui.



Sumber: Direproduksi dengan sedikit modifikasi dari Soedjito (2004) (kiri), MAB UNESCO Secretariat (2019) (kanan)

Gambar 1. Pembagian Wilayah Sebuah Cagar Biosfer

Wilayah terluar dari sebuah cagar biosfer adalah area transisi, yang disebut juga kawasan untuk kerja sama. Umumnya berbagai kegiatan masyarakat dilaksanakan dalam area inti. Area transisi adalah tempat untuk menerapkan berbagai model pembangunan berkelanjutan, yang di dalamnya masyarakat setempat, lembaga-lembaga konservasi, organisasi masyarakat, kelompok budaya, para pengusaha swasta, dan pemangku kepentingan lain bekerja sama untuk mengelola dan mengembangkan sumber daya daerah itu. Area ini juga merupakan tempat untuk memperkenalkan program cagar biosfer melalui kerja sama antara pengelola cagar biosfer, otoritas lokal, pemilik lahan, peneliti, pemerintah pusat dan daerah, serta pemangku kepentingan lain. Area transisi ini pada umumnya lebih besar daripada area-area lain dan batas luarnya tidak perlu selalu jelas dan dapat berubah sesuai dengan permasalahan yang ada.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Area transisi merupakan wilayah pemerintah daerah dan termasuk daerah pemukiman dan perkebunan serta peruntukan lainnya.

Keseluruhan area cagar biosfer dapat mencapai hingga 10 kali lipat dari area inti yang berupa cagar alam, suaka margasatwa, taman nasional, seperti di Cagar Biosfer Komodo, Cagar Biosfer Lore Lindu, dan Cagar Biosfer Cibodas. Hal ini terutama disebabkan area transisinya luas yang dapat dimanfaatkan untuk keberlangsungan kehidupan yang harmonis dan berkelanjutan sehingga area penyangga terjaga sesuai fungsinya dan area intinya lestari.

B. Manfaat Cagar Biosfer

Cagar biosfer penting bagi Indonesia karena cagar biosfer adalah tempat untuk mengkaji dan mengimplementasikan pembangunan berkelanjutan, pelestarian keanekaragaman hayati, peningkatan pembangunan sosial-ekonomi, serta memelihara nilai-nilai yang terkait dengan budayanya. Dampak negatif kegiatan manusia telah secara drastis mengurangi keanekaragaman jenis tumbuhan dan hewan, ekosistem dan lanskap di Indonesia (Bappenas, 2003; FWI/GWF 2001). Dampak negatif ini akan mengancam kesejahteraan masyarakat karena keanekaragaman hayati merupakan sumber daya untuk bahan makanan, serat (bahan pakaian), obat-obatan, bahan mentah industri, serta bahan bangunan. Dalam cagar biosfer juga dapat ditemukan kekayaan habitat yang sangat khas dan spesifik, yang tidak dapat ditemukan di tempat lain. Program penelitian, pendidikan, dan rekreasi dapat pula diselenggarakan dalam cagar biosfer.

Manfaat cagar biosfer bagi berbagai lapisan masyarakat dapat diuraikan sebagai berikut (Soedjito, 2004, UNESCO, 2004):

- 1) ***Petani, nelayan, dan masyarakat umum.*** Mereka dapat berpartisipasi memperoleh keuntungan melalui kehadiran cagar biosfer. Mereka dapat berpartisipasi dalam berbagai kegiatan, termasuk (a) penelitian untuk meningkatkan produktivitas, nilai wisata, ekosistem dan sistem hidrologi; (b) penelitian dan pelaksanaan restorasi dan rehabilitasi ekosistem rusak melalui penanaman jenis-jenis asli yang bernilai ekonomi tinggi; (c)

pelatihan dan pencontohan penerapan alternatif penggunaan lahan, pengembangan sistem wanatani (*agroforestry*), serta pengembangan sistem pertanian dan perhutanan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dalam semua kegiatan tersebut ditekankan strategi untuk memelihara nilai sumber daya, seperti kesuburan tanah dan air serta sejauh mungkin memanfaatkan sumber daya manusia setempat dan dana yang tersedia. Petani sayuran dan buah-buahan di CBC mendapat manfaat dengan lebih banyaknya pengunjung dari negara lain yang mempunyai cagar biosfer dan yang mengetahui status cagar biosfer.

- 2) **Ilmuwan, peneliti, dan akademisi.** Baik di lembaga penelitian maupun di perguruan tinggi, mereka dapat aktif berpartisipasi dalam penelitian dan pemantauan, yang merupakan bagian integral dari cagar biosfer. Penelitian dalam program MAB dimaksudkan untuk menyajikan landasan ilmiah hubungan antara manusia dan lingkungan dengan mengintegrasikan ilmu-ilmu sosial dan ilmu-ilmu pengetahuan alam. Dengan demikian, cagar biosfer harus mempunyai pertautan dengan lembaga-lembaga ilmiah dan pendidikan serta dengan pusat-pusat pelatihan. Para ilmuwan dapat meningkatkan kualitas penelitian melalui pemantauan dinamika dan proses ekologi keanekaragaman hayati, menghimpun data dasar dan memanfaatkannya untuk membuat hipotesis dan eksperimen baru, melakukan penelitian antarbidang (*interdisciplinary*), studi banding, dan memanfaatkan cagar biosfer sebagai media pertukaran informasi. Cagar biosfer dapat berperan sebagai tapak permanen (*permanent site*) untuk berbagai aktivitas penelitian dan pemantauan jangka panjang, termasuk perubahan iklim dan perubahan ekosistem sehingga kecenderungan fluktuasi jangka pendek berbagai perubahan terkait iklim dan ekosistem dapat diprediksi. Berbagai program penelitian diharapkan difokuskan kepada masalah-masalah lokal dan nasional, tetapi dapat juga memberi sumbangan kepada program penelitian internasional yang terkait dengan isu-isu global, termasuk perubahan iklim, pengurangan laju kehilangan keanekaragaman hayati serta aspek manusia tentang perubahan global. Oleh karena itu, cagar biosfer



perlu mempunyai stasiun riset yang mendukung pilar *logistic support*, antara lain penelitian, ilmu pengetahuan dan teknologi, serta pendidikan. Stasiun riset dapat dibangun oleh perguruan tinggi di sekitar area cagar biosfer atau oleh pemerintah daerah atau institusi pengelola. Penelitian yang dilakukan di cagar biosfer perlu didata dengan baik dalam pangkalan data (*data base*) penelitian yang mendukung program. Cagar biosfer pegunungan mempunyai nilai khusus dalam penelitian dan pemantauan dampak perubahan global karena mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan lingkungan. Dalam hal ini UNESCO telah bergabung dengan berbagai organisasi lain dan universitas dalam upaya internasional untuk menelaah dampak perubahan lingkungan dan iklim terhadap ekosistem dan masyarakat di kawasan pegunungan, sehingga cagar biosfer pegunungan dapat berfungsi sebagai sistem peringatan awal (*early warning system*). Peneliti yang melakukan penelitian di CBC telah menjalin kerja sama dengan peneliti dari negara lain termasuk fauna selain flora yang sejak dulu diteliti dan hasilnya menjadi acuan dunia. Jaringan cagar biosfer dunia (WNBR) juga dapat dimanfaatkan untuk saling bekerja sama dan dapat secara bersama mengajukan pendanaan penelitian ke pihak lainnya. Kluster lebih kecil dalam jaringan berdasarkan tematik juga dibentuk UNESCO untuk meningkatkan kerja sama termasuk pengelolaan cagar biosfer dengan tematik tertentu, seperti cagar biosfer pegunungan dan cagar biosfer pulau kecil dengan sekretariat atau koordinator berbeda di negara yang mempunyai cagar biosfer kategori tersebut, namun tetap berkoordinasi dengan Sekretariat MAB UNESCO. Selain itu, kerja sama penelitian dan program pengelolaan juga dapat dilakukan dengan UNESCO Chair yang tersebar di perguruan tinggi di seluruh perwakilan regional UNESCO. Jumlah UNESCO Chair saat ini ada lebih dari 50 dengan tema yang diusung berbeda disesuaikan dengan masalah yang perlu diselesaikan, seperti mitigasi dan adaptasi bencana yaitu UNESCO Chair WENDI (Water, Energy and Disaster Management for Sustainable Development) di Kyoto University Jepang.

- 3) **Masyarakat adat dan komunitas lokal.** Mereka termasuk kelompok etnik tradisional, penduduk perdesaan, dan lembaga swadaya masyarakat (LSM/NGO) atau sekarang disebut *civil society organization* (CSO). Banyak potensi keuntungan yang akan diperoleh masyarakat, seperti perlindungan sumber daya air dan tanah, sistem perekonomian masyarakat yang lebih beragam dan stabil, serta penguatan produksi lokal. Kehadiran cagar biosfer menciptakan lapangan pekerjaan tambahan, memengaruhi pengambilan kebijakan tataguna lahan, mengurangi konflik antara pengelola area konservasi dan pemangku kepentingan, membuka peluang besar dalam pelestarian tradisi yang ada, serta memberi jaminan kondisi lingkungan menjadi lebih sehat untuk komunitas lokal dan generasi mendatang.

Masyarakat di dalam dan di sekitar cagar biosfer dapat ditingkatkan kualitas ekonomi dan kesejahteraannya melalui penelaahan kondisi ekonomi yang ada dalam kaitannya dengan pemanfaatan sumber daya yang berkelanjutan. Secara khusus, kegiatan yang mungkin dilakukan untuk mencapai tujuan ini antara lain adalah:

- a) Identifikasi indikator pembangunan berkelanjutan yang cocok dengan kondisi lokal sehingga dapat dijadikan tonggak perubahan. Praktik pertanian dan industri yang harus dipertimbangkan untuk mengurangi penggunaan sumber daya dan energi, serta produksi limbah,
- b) Pengembangan kesempatan kerja yang dapat memenuhi keperluan konservasi,
- c) Pelibatan berbagai pemegang kepentingan dalam perencanaan dan koordinasi kegiatan, dan
- d) Pengembangan rancangan bisnis yang komprehensif.

Beberapa kegiatan alternatif nyata yang dapat dikembangkan antara lain:



- a) Promosi ekowisata berbasis alam. Masyarakat juga dapat menjadi pemandu wisata selain menjalankan ekowisata. Pemandu wisata dilatih dan dibekali materi pemanduan tentang keragaman hayati, pelestarian dan pemanfaatan jenis, ekosistem dan jasa lingkungan yang berkelanjutan.
- b) Penyiapan standar lingkungan dan sosial untuk industri lokal, wisata, dan pelayanan tradisional.
- c) Penerapan rancangan pengelolaan lingkungan, seperti audit lingkungan.
- d) Penerapan rancangan untuk penggunaan sumber daya energi yang bijaksana dan efisien serta pemanfaatan energi yang dapat diperbarui.
- e) Penggalakan usaha kerajinan berbasis bahan lokal yang dapat digunakan secara berkelanjutan.
- f) Sertifikasi dan labelisasi (*branding*) benda-benda, produk-produk, layanan, pemantauan, indikator, studi kasus dan pelatihan, yang berasal dari cagar biosfer. Label kualitas merupakan insentif bagi produsen dan konsumen yang menyukai barang-barang dan layanan berkualitas dari cagar biosfer. Dengan diresmikannya logo CBC maka beberapa produk dari komunitas lokal mempunyai nilai ekonomi yang lebih baik, misalnya sabun sereh, sayuran organik, dan sop sayuran instan.

Dengan demikian, cagar biosfer dapat dijadikan model bio-ekonomi karena dapat meningkatkan pendapatan masyarakat walaupun masih diperlukan pengkajian dampak ekonomi di semua cagar biosfer di Indonesia. Perlu dikaji lebih lanjut apakah dampaknya disebabkan penetapan sebagai cagar biosfer atau sudah dikenal karena objek turis.

- 1) ***Pelaku industri atau pengusaha swasta.*** Industri mengambil manfaat dari dampak positif terjaganya cagar biosfer berupa jasa lingkungan seperti sumber mata air yang terjaga untuk bisnis air minum dan tempat tumbuh yang sejuk dapat memproduksi



buah-buahan dan produk hortikultura lain khas area tersebut dengan diberi nilai tambah dengan pemrosesan pasca panen dan pengemasan yang baik. Industri perhotelan dengan mengusung konsep ramah lingkungan di area transisi mempunyai nilai tambah misalnya dengan penyediaan ruang terbuka hijau lebih luas dan pengolahan limbahnya. Mereka perlu lebih berperan sehingga dapat mengambil manfaat dengan menerapkan proses bisnis yang ramah lingkungan dari biodiversitas dan jasa lingkungan. Semakin banyak industri yang pro lingkungan semakin baik sehingga skema *public-private-partnership* (PPP) yang sangat didorong di cagar biosfer dapat diimplementasikan dengan baik. Dengan adanya logo cagar biosfer yang dapat disematkan di produk dan jasa pariwisata, seperti penginapan/perhotelan apabila memenuhi standar sertifikasi, nilai jualnya akan meningkat karena pasar dunia sudah mengenal *branding* cagar biosfer dan UNESCO. Logo CBC juga sudah digunakan untuk “*homestay*” milik BB TNGGP dan satu hotel telah disertifikasi layak menggunakan logo CBC karena memenuhi beberapa persyaratan, seperti persentase ruang terbuka hijau dan pengelolaan sampah ramah lingkungan.

- 2) ***Pembuat dan pengambil keputusan di bidang pemerintahan.*** Cagar biosfer menyediakan informasi yang lebih baik mengenai sumber daya alam dan meningkatkan kemampuan teknis maupun kelembagaan untuk mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan. Cagar biosfer juga merupakan media untuk memperoleh dukungan publik yang lebih luas melalui demonstrasi keuntungan praktisnya. Selain itu cagar biosfer dapat menjadi contoh pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan di tingkat lokal dan regional serta institusi dan mekanismenya. Pemerintah daerah juga dapat memanfaatkan areanya dengan status internasional sebagai cagar biosfer untuk memperoleh kerja sama internasional lebih mudah karena ada jaringan cagar biosfer dan mitranya. Pemerintah pusat dapat menggunakan kawasan untuk model implementasi *Sustainable Development Goals* (SDG). Pemerintah Daerah (Provinsi dan Kabupaten) Cianjur, Bogor, Sukabumi Provinsi Jawa Barat telah

menunjukkan komitmennya dengan memasukkan program pengelolaan CBC dalam RPJMD dan membentuk Forum Pengelola Cagar Biosfer Cibodas tingkat provinsi berupa SK Gubernur Jawa Barat. Selain itu beberapa bupati yang dipelopori oleh Bupati Cianjur juga telah membuat program khusus dan berkomitmen penuh untuk keberlangsungan CBC.

Dari uraian tersebut, dapat dikatakan bahwa cagar biosfer adalah wahana untuk mengimplementasikan berbagai konvensi, termasuk Konvensi Keanekaragaman Hayati dan Agenda 21 (*Sustainable Development Goals*). Hal ini dipertegas dengan terteranya SDGs dalam MAB Strategic Plan 2015–2025 yang dijabarkan untuk implementasinya dalam Lima Action Plan (LAP) 2016–2025.

C. Taman Nasional sebagai Area Inti

Area inti dalam 19 Cagar Biosfer di Indonesia adalah kawasan konservasi yang berupa taman nasional, suaka margasatwa, taman hutan raya, dan hutan produksi yang diperuntukkan bagi kepentingan konservasi. Pada dasarnya, area inti dapat berupa kawasan konservasi atau kawasan lindung yang secara formal dipayungi oleh aturan pemerintah atau secara informal oleh masyarakat dan lembaga adat. Hampir semua area inti cagar biosfer di Indonesia adalah taman nasional, satu atau beberapa taman nasional, tanpa atau dengan digabung dengan taman hutan raya atau cagar alam. Saat ini hanya satu cagar biosfer yang area intinya berstatus suaka margasatwa dan hutan perawan yang dikelola swasta yang didedikasikan sebagai area inti, yaitu Cagar Biosfer Giam Siak Kecil dan Bukit Batu di Provinsi Riau.

Mengenai CBC dan pengelolaannya yang ditinjau dari berbagai aspek diuraikan dengan rinci dalam buku Purwanto dkk. (2013). Dalam hal taman nasional sebagai area inti di CBC dan cagar biosfer lainnya berlaku legalitas dan batasan suatu taman nasional, yang secara eksplisit terdapat dalam UU Nomor 5 Tahun 1990 pada Bab I Pasal 1 ayat (14). Dalam UU ini dinyatakan bahwa “Taman Nasional adalah kawasan pelestarian alam yang mempunyai ekosistem asli,

dikelola dengan sistem zonasi yang dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budi daya, pariwisata, dan rekreasi”, dan ditegaskan kembali dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 68 Tahun 1998 tentang Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam Bab I Pasal 1 ayat (6).

Fungsi sebuah taman nasional (kawasan pelestarian alam) adalah perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya (PP 68 Tahun 1998 Bab VI Pasal 30). Pasal 32 menyebutkan bahwa pengelolaan taman nasional memakai sistem zonasi yang terdiri atas zona inti, zona pemanfaatan, dan zona lain sesuai dengan keperluan. Zona inti adalah bagian kawasan taman nasional yang mutlak dilindungi dan perubahan apapun oleh aktivitas manusia tidak diperbolehkan. Sedangkan zona pemanfaatan adalah bagian dari kawasan taman nasional yang dijadikan pusat rekreasi dan kunjungan wisata. Sementara itu, yang dimaksud dengan zona lain adalah zona di luar kedua zona tersebut karena fungsi dan kondisinya ditetapkan sebagai zona tertentu seperti zona rimba, zona pemanfaatan tradisional, dan zona rehabilitasi.

Taman nasional dilindungi oleh UU No 5 Tahun 1990 Bab VII Pasal 29, 30, 31, 32, 33, 34, dan 35. Sementara itu, aturan teknis taman nasional terdapat dalam PP Nomor 68 Tahun 1998 tentang Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam, termasuk daerah penyangga pada Bab V Pasal 56 dan 57. Dengan demikian, taman nasional sudah mempunyai aturan dan kekuatan hukum yang lebih pasti. Mandat pengelolaannya (*management authority*) dipercayakan kepada Unit Pelaksana Teknis Taman Nasional di bawah Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem (KSDAE), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) seperti diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.7/Menlhk/Setjen/OTL.0/1/2016.

D. Cagar Biosfer dan *Sustainable Development Goals* (SDGs)

Lima Action Plan (LAP) yang diadopsi tahun 2016 di 4th World Congress of Biosphere Reserves di Lima, Peru, sekaligus dengan *Lima Declaration* merupakan peta jalan untuk implementasi *MAB Strategy* tahun 2015–2025. LAP sangat menekankan pada masyarakat yang berkembang yang hidup selaras dengan biosfer untuk mencapai *sustainable development goals* dan implementasi Agenda 2030 untuk pembangunan berkelanjutan, baik di dalam cagar biosfer maupun di luar atau sekitarnya, melalui diseminasi global model berkelanjutan yang dikembangkan di cagar biosfer.

Tujuan utama adalah jaringannya, yaitu *World Network of Biosphere Reserves* (WNBR) terdiri dari model yang berfungsi secara efektif untuk pembangunan berkelanjutan dengan memperbaiki tata kelola, kerja sama, pengembangan jaringan dalam MAB dan WNBR, dengan mengembangkan kemitraan eksternal yang efektif untuk memastikan keberlangsungan jangka panjang. Temuan atau hasil dari studi kasus dari WNBR menunjukkan bahwa cagar biosfer merupakan wahana konkret untuk mencapai transformasi global menuju masyarakat yang tangguh dan lestari dalam mencapai SDGs secara holistik.

Kontribusi pelaksanaan program di cagar biosfer dalam pencapaian tujuan dari SDGs paling sedikit 9 yaitu *Goals* 3, 5, 6, 7, 8, 13-15, 17 yang kontribusinya dapat secara langsung, dan sebanyak 8 *Goals* yang tidak secara langsung karena mengarah pada pencapaian *Goals* 9, 10, 11, 12, dan mendukung *Goals* 1, 2, 4, 16. Walaupun demikian, beberapa cagar biosfer di dunia menunjukkan kontribusinya mencapai 16 tujuan SDGs, misalnya dengan implementasi program mitigasi perubahan iklim, pemberdayaan perempuan dan produksi minyak argan (3, 5, 6, 15), perlindungan hutan; pertanian ekologi (2, 12, 15); alternatif ekonomi berbasis pasar hijau (1, 8, 15); penyadaran-kultivasi spesies tertentu dan pemeliharaan mata air (3, 6, 8, 13, 15), dan karbon biru (12 dan 15); kontruksi arsitektur tradisional dengan teknik ramah iklim untuk hemat energi dan bahan baku (7,



8, 15); program edukasi (2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 15); serta pengelolaan limbah (4, 5, 8, 11, 12, 15, 16, 17).

Berdasarkan contoh-contoh di atas, cagar biosfer yang dikelola dengan baik dan pelaksanaan programnya berjalan lancar untuk pemecahan masalah di dalam cagar biosfer dan sekitarnya dapat dijadikan model untuk berkontribusi nyata dalam pencapaian SDGs.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB III

DESKRIPSI LINGKUNGAN FISIK

A. Lanskap Geospasial

Lanskap geospasial merupakan uraian tentang bumi dalam ruang yang mencakup geografi, geologi, tanah, dan topografi. Geografi menguraikan berbagai aspek bumi yang terkait dengan hubungan, persamaan, dan perbedaan spasial. Geologi membahas sifat-sifat bumi ditinjau dari segi bahan-bahan pembentuk, struktur, serta proses-proses yang berlangsung di dalam dan di permukaan bumi. Terkait dengan geologi adalah tanah yang merupakan lapisan paling luar dari kulit bumi. Sedangkan topografi menggambarkan permukaan bumi, termasuk perubahan di permukaan seperti gunung dan lembah serta fitur seperti sungai dan jalan. Pada bab ini diuraikan khusus terkait lanskap geospasial di Kawasan G. Gede–G. Pangrango yang dalam area Cagar Biosfer Cibodas.

1. Geografi

Secara geografi, kawasan TNGGP, yang merupakan area inti CBC, terletak antara $106^{\circ}2'12''$ - $107^{\circ}13'25''$ BT (Bujur Timur) dan $6^{\circ}2'55''$ - $6^{\circ}51'0''$ LS (Lintang Selatan). Menurut administrasi pemerintahan, kawasan ini masuk ke dalam wilayah Kabupaten Bogor, Kabupaten Cianjur, dan Kabupaten Sukabumi. Menurut Keputusan Menteri Ke-

hutan No. 17/KPTS/II/2003 tertanggal 10 Juni 2003, luas kawasan TNGGP adalah 21.975 ha.

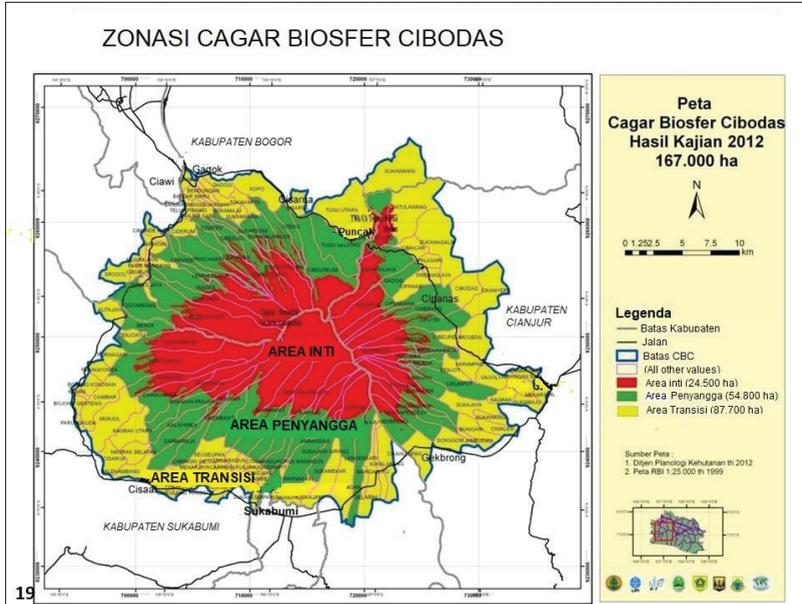
Daerah penyangga melingkari kawasan TNGGP dan meliputi berbagai desa dan kecamatan, seperti tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Desa Penyangga di Sekitar TNGGP

Kabupaten	Kecamatan	Desa
Bogor	Watesjaya	Cigombong
	Caringin	Cimande, Cinagara, Lemahduhur, Pasir Buncir, Pancawati, Tangkil
	Ciawi	Bojong Murni, Cibedug, Cileungsi, Citapen
	Cisarua	Kuta
	Megamendung	Sukaresmi, Sukagalih
Cianjur	Cipanas	Cimacan, Ciloto, Sindang Jaya
	Pacet	Ciherang, Cipendawa, Ciputri Sukatani
	Cugenang	Cirumput, Galudra, Nyalindung, Padaluyu, Sarampad, Sukamulya
	Warungkondang	Bunikasih, Mekarwangi, Tegallega
Sukabumi	Gekhbrong	Kebon Peuteuy, Gekhbrong
	Sukalarang	Sukamaju, Titisan
	Caringin	Cikembang, Pasir Datar Indah, Sukamulya, Seuseupan
	Kadudampit	Cikahuripan, Cipetir, Gede-Pangrango, Sukamaju, Sukamanis, Undrus Binangun
	Nagrak	Babakan Panjang, Kalaparea
	Sukabumi	Perbawati, Sudajaya Girang
	Sukaraja	Cisarua, Langensari, Margaluyu, Sukamekar

Sumber: Adison (2017)





Sumber: Dimodifikasi dari Purwanto dkk. (2017)

Gambar 2. Cagar Biosfer Cibodas (CBC), yang terletak di Kabupaten Bogor, Kabupaten Cianjur, dan Kabupaten Sukabumi dengan tiga zona (Area Inti, Penyangga, dan Transisi) yang menghubungkan Ciawi, Cianjur, dan Sukabumi.

Berdasarkan peta zonasi di atas, keseluruhan area CBC mengalami perluasan menjadi 167.000 ha (114.779 ha) karena perluasan area inti menjadi 24.500 ha yang sebelumnya hanya 21.975 ha, sedangkan area penyangga menjadi 54.800 ha (semula 12.700 ha) dan area transisi menjadi 87.700 ha (semula 80.104 ha). Hal ini mencerminkan komitmen para pihak untuk memperluas luasan CBC yang menggembarakan UNESCO. Perubahan luasan wajib diusulkan ke Sekretariat MAB UNESCO untuk memperoleh persetujuan. Dengan penambahan luasan area penyangga dan transisi, diharapkan dapat menjaga kelestarian area inti.

2. Geologi dan Topografi

Geologi dan topografi kompleks G. Gede-Pangrango berikut ini dipertelakan berdasarkan uraian Docters van Leeuwen (1933) dan Steenis dkk. (1972, 2006), yang mengutip secara rinci pertelaan Taverne (1855), dan ditambah dengan data mutakhir yang disajikan PHKA (2008), Badan Geologi (2013), serta Natalia dan Herdianita (2018). Kawasan TNGGP-CBC adalah kompleks gunung berapi dengan dua puncak tertinggi di antara gunung-gunung Jawa Barat, yaitu G. Gede dengan elevasi 2.958 mdpl (di atas permukaan laut) dan G. Pangrango dengan elevasi 3.019 mdpl. Secara keseluruhan, topografi TNGGP-CBC bervariasi dari kawasan landai sampai bergunung. Struktur geologi G. Gede-Pangrango merupakan bagian dari struktur geologi regional, yaitu struktur barat daya-timur dan barat-timur yang terbentuk pada Miosen Awal. Pola struktur ini merupakan akibat dari kompresi dua lempeng tektonik yang terdapat di selatan P. Jawa. Lanskap G. Gede-Pangrango berupa medan daerah tinggi dengan elevasi 300–3.019 mdpl. Topografi lereng selatan sangat terjal sehingga mudah terjadi erosi dalam.

Di kawasan TNGGP ini terdapat banyak jurang yang kedalaman-nya sampai 70 m. Di bagian selatan, khususnya di daerah Situgunung terdapat bukit-bukit terjal dengan kemiringan lereng 20–80%. Bagian timur kawasan G. Gede dan G. Pangrango dihubungkan oleh punggung bukit yang berbentuk tapal kuda, sepanjang ± 2.500 meter dengan sisi-sisi yang membentuk lereng curam berlembah menuju dataran Bogor, Cianjur, dan Sukabumi.

G. Gede dan G. Pangrango bersama-sama membentuk gunung berapi kembar yang besar sekali. G. Gede adalah gunung strato dan merupakan gunung berapi Kwarter, yang di bagian barat laut bergabung dengan G. Pangrango, yang lebih tua. Dua gunung ini merupakan bagian dari deretan gunung-gunung berapi yang membentang dari Sumatra, Jawa, sampai Nusa Tenggara. Jalur gunung berapi ini terbentuk oleh pergerakan lapisan kulit bumi yang menerus selama Periode Kwarter.

Dua gunung ini sebenarnya adalah kompleks gunung yang berpuncak banyak dan bila dilihat dari atas akan tampak puncak-puncak

beberapa kerucut terpisah. Puncak G. Pangrango membentang ke arah timur. Karena tinggi dan bentuknya yang berupa kerucut sempurna, G. Pangrango mendominasi kelompok gunung sekitarnya sehingga dari sini dapat terlihat panorama puncak-puncak gunung dan daerah rendah di sekitarnya.

Struktur geologi G. Gede-Pangrango merupakan bagian dari struktur geologi regional barat daya-timur dan barat-timur yang terbentuk pada Miosen Awal. Pola struktur ini terbentuk oleh kompresi di lempeng tektonik yang terdapat di selatan Pulau Jawa. G. Gede merupakan sistem geotermal yang dicirikan oleh vulkanisme andesit, topografi terjal, mata air panas, dan fumarola. Batuan vulkanik dan endapan Tersier terdapat di bagian utara dan selatan, sedangkan batuan vulkanik Kwartir yang terdiri atas endapan aluvial hasil letusan G. Gede-Pangrango dan G. Salak terdapat di bagian tengah. Batuan dasar kompleks G. Gede dan sekitarnya adalah batuan sedimen dari masa Tersier. Endapan vulkanik di G. Gede muda adalah lava, piroklastika aliran, piroklastika jatuhan, longsoran vulkanik, dan endapan lahar. G. Gede muda berkembang di antara G. Gumuruh, G. Gede Tua, dan G. Masigit-Pangrango, yang merupakan pusat erupsi dan hasil erupsi menyebar sebagian besar ke arah timur laut dan sedikit sekali yang menyebar ke arah barat daya.

G. Gede merupakan sistem geotermal yang ditandai oleh vulkanisme andesitik dan topografi terjal serta air panas yang terdapat di mana-mana dan dimanifestasikan oleh kehadiran fumarola, uap di permukaan tanah dan mata air panas. Junghuhn (1854) menguraikan dengan lengkap sejarah letusan. Bentuk gunung diperkirakan telah mengalami perubahan besar pada waktu letusan dahsyat terjadi pada tahun 1747 dan 1748. Situasi dan bentuk sebelumnya tidak diketahui. Letusan-letusan berikutnya tidak terlalu dahsyat, meskipun sebagian dari vegetasi rusak besar. Adison (2017) mencatat kronologi letusan G. Gede-Pangrango dalam Statistik Balai Besar TNGGP 2016 dan menunjukkan letusan terakhir terjadi pada 1972.

G. Gede berbentuk setengah lingkaran terbuka yang berdiameter 1.600 m dengan dinding sangat terjal setinggi 50–200 m, yang melingkupi kawah aktif Gede. Dalam kompleks G. Gede terdapat tujuh kawah, yaitu:

- a) Kawah Gumuruh dengan diameter 1.600 m yang berbentuk tapal kuda merupakan kawah tertua dan terbesar. Kawah ini menghadap ke arah barat laut yang berinding terjal setinggi 200 m dan berdasar datar dan sempit.
- b) Kawah aktif Gede yang terdapat di dalam kawah Gumuruh yang menghadap ke utara, berdiameter 1.000 m dan berinding terjal setinggi 200 m. Dalam kompleks kawah G. Gede ini terdapat G. Joglo dan G. Telaga di Utara G. Gede yang dibentuk aliran fragmen vulkanik tua. G. Kencana yang terbentuk oleh lava yang membentuk punggung memanjang dan sepanjang punggung ini terdapat gawir-gawir di sisinya.
- c) Kawah Sela, yang berdiameter 750 m, terdapat di bagian utara sisi kawah Gede.
- d) Kawah Ratu, yang berdiameter 300 m, berinding curam dan terdapat di dalam Kawah Gede. Kawah ini masih menunjukkan aktivitasnya seperti terlihat dari beberapa solfatara yang mengeluarkan asap.
- e) Kawah Lanang merupakan kawah terkecil, berbentuk oval berukuran 230–170 m dan berinding sangat terjal. Kawah ini sebenarnya sudah sirna dan dasarnya tertutup lebat oleh vegetasi. Pada masa lalu Kawah Lanang sangat aktif, yang mengeluarkan dua aliran lava. Di sebelah barat lava mengalir ke bawah sepanjang 2 km. Di ujung bawah aliran ini timbul mata air panas, seperti yang terdapat antara Cibodas dan Kandang Badak. Aliran lava di bagian timur mengikuti kaki G. Sela dan terdiri atas bongkah-bongkah besar.
- f) Kawah Baru di dalam Kawah Gede.
- g) Kawah Wadon yang berukuran 1.149 x 80 m merupakan kawah termuda dan terdapat di bagian utara Kawah Gede yang dicirikan oleh kehadiran solfatara dan fumarola. Bersama dengan Kawah Lanang, Kawah Wadon adalah kawah yang paling aktif. Titik erupsi ini terletak pada saluran erosi yang dialirkan oleh sungai kering Cisaat. Dasar sungai ini kering yang dipenuhi batu-batu besar dan air mengalir hanya ketika hujan lebat. Dinding pada bagian atas celah erupsi yang masih

aktif, sangat terjal dan berwarna-warni karena pelapukan dan endapan belerang. Uap tebal yang bercampur dengan gas SO_2 dan H_2S disemburkan dari solfatara.

Kawah G. Pangrango sudah sirna (*extinct*), tetapi hanya sedikit mengalami erosi sehingga dikatakan kerucut ini masih relatif muda. Puncak gunung ini terdiri atas sebuah punggung gunung berbentuk tapal kuda yang mengelilingi cekungan dangkal yang terputus di sebelah barat. Puncak punggung ini mencapai elevasi 3.019 mdpl, dan elevasi di dua ujung tapal kuda adalah 3.013 mdpl. Oleh karena itu, dinding tampak horizontal. Lembah kawah Pangrango, yang terletak 30–50 m di bawah dinding yang mengelilinginya merupakan cekungan kawah yang sudah sirna. Lembah kawah ini merupakan sebuah plato (*plateau*) atau dataran yang dikelilingi lereng sangat landai dari timur laut ke arah barat daya yang belum tererosi.

Di sebelah timur laut lembah kawah terdapat sungai kecil yang disebut Cikhuripan atau kadang-kadang disebut juga Ciheulang. Sungai ini diairi oleh air hujan yang turun pada sisi dalam dinding dan pada musim hujan air keluar juga dari sumber-sumber kecil dari tanah. Aliran sungai ini menuju ke arah barat daya dengan aliran yang semakin deras dan di sekitarnya membentuk kolam, yang pada masa lalu dilaporkan sebagai tempat pemandian badak. Di tepi dataran, sungai ini menyempit dan mengalir melalui jeram-jeram menuju kaki gunung. Aliran sungai ini musiman, yang pada musim hujan air melimpah, tetapi pada musim kemarau air berkurang dan kadang-kadang kering.

Bentuk puncak G. Gede tidak sederhana mengingat seiring perjalanan waktu titik-titik letusan berpindah dari selatan ke utara. Ke arah selatan dan timur terdapat dinding yang berbentuk sabit dan mengelilingi kawah tua yang disebut alun-alun dengan panjang sekitar 4 km dan lereng yang sangat landai. Dinding yang mengelilingi alun-alun ini dikenal sebagai G. Gumuruh. Di bagian timur terdapat sungai Cigunung, yang mengalir ke barat dan berair banyak pada musim hujan, tetapi kering pada musim kemarau.

Di sebelah selatan, barat daya, dan tenggara terdapat dinding berbentuk sabit yang mengelilingi kawah dengan titik tertingginya pada elevasi 2.962 mdpl. Sisi sebelah dalam terjal dengan tinggi 300 m yang mempertunjukkan lapisan-lapisan trakit (batuan gunung berapi berbutir halus). Lereng sisi luar dinding ini melandai sepanjang 200 m sampai ke alun-alun.

Ada kawah-kawah yang sukar ditemukan karena telah tertimbun bahan yang disebarkan oleh letusan yang muncul kemudian. Sebagian lainnya masih mempunyai medan datar yang ditoreh oleh beberapa saluran erosi bertepi terjal. Medan datar ini tertutup lebat oleh komunitas *Anaphalis javanica* dan disebut alun-alun kecil, yang dikelilingi oleh hutan subalpin.

Gunung-gunung berapi di Jawa kerap kali mengelompok, seperti di Priangan. Gunung-gunung dapat tegak berdekatan dan membentuk gunung berapi kembar. Gunung berapi gabungan atau komposit seperti ini kerap kali membentuk dataran tinggi yang luas. Pelapukan terjadi di pinggir kawah pada tempat-tempat terlemah sehingga air danau dalam kawah mengalir ke luar dan mengeringkan danau kawah. Sebagai akibat dari proses ini terbentuk kawah yang datar berupa sebuah alun-alun, atau plato, seperti alun-alun Mandalawangi di G. Pangrango dan alun-alun Suryakencana di G. Gede.

Di kawasan hutan yang membentang dari KRC sampai ke puncak G. Pangrango, menurut Docters van Leuwen (1933) terdapat banyak rintis-rintis, yang menuju ke segala arah. Mungkin sebagian dari rintis-rintis ini sudah menghilang. Rintis terbesar adalah rintis yang bermula dari KRC dan menelusuri punggung barat lembah Cibodas menuju lereng terjal bagian utara G. Sela. Rintis ini secara keseluruhan terjal, tetapi di satu bagian menjadi datar dan bercabang menjadi beberapa rintis sekunder. Dikatakan bahwa dahulu sepanjang rintis ini pohon-pohon diberi nomor, yang mungkin sekarang sudah tidak ada lagi.

Rintis utama lain adalah rintis yang melewati rawa Cibeureum. Sedikit di atas rawa ini terdapat rintis samping yang menuju ke tiga air terjun Cikundul, yang lebih terkenal dengan Cibeureum. Mengikuti rintis utama ini akan sampai ke tempat yang disebut Cipanas pada



elevasi 2.150 mdpl dan di sini terdapat mata air panas (suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$) yang keluar dari bawah aliran lava lama. Uap putih tebal keluar dari air panas dan mengisi lembah, terutama pada hari-hari hujan. Dari air panas ini, rintis utama menanjak sampai ke Kandang Badak. Dari sini satu rintis, yang dulu dibuat Teysmann, menuju ke puncak G. Pangrango. Dari lembah kawah di puncak ini terdapat rintis menurun ke arah barat menuju ke perkebunan Pasir Datar dan yang ke arah utara menuju ke perkebunan G. Mas. Rintis kedua dari Kandang Badak menuju puncak G. Gede dengan rintis samping menuju ke kawah. Melalui puncak G. Gede terdapat rintis yang menurun dan menuju Sukabumi melalui alun-alun, G. Gumuruh dan perkebunan Purbawati. Rintis dari G. Gumuruh menyilang rintis yang juga berakhir di alun-alun. Dari sini sebuah rintis menurun menuju Cianjur.

Dalam kaitannya dengan flora pegunungan, Steenis dkk. (1972, 2006) menyatakan bahwa kekayaan terbesar tumbuhan pegunungan tinggi dijumpai di gunung terbesar paling tua, dengan puncak yang tinggi. Hal seperti itu terdapat terutama di gunung-gunung yang mengelompok atau komposit, dengan corak fisiografi yang stabil, dengan daerah pegunungan atau puing vulkanik yang meluas dan dilengkapi dengan padang rumput rawa, rawa dan sungai, yang membentuk berbagai habitat. Selanjutnya dikatakan bahwa Flora G. Gede-Pangrango, G. Halimun dan G. Salak termasuk kaya, tetapi tidak sekaya flora gunung yang berpuncak lebih tinggi, seperti G. Papandayan, Arjuno-Welirang, Tengger-Semeru, Iyang, dan Ijen.

WIPA (2007) membuat peta topografi rinci, yang dilengkapi dengan berbagai informasi, kawasan di luar TNGGP yang meliputi kawasan perkebunan, pertanian, dan pemukiman. Kawasan ini membentuk zona penyangga TNGGP serta area transisi CBC dan membentang dari tepi jalan raya sampai batas TNGGP. Di kawasan ini jalan-jalan kecil dan jalan setapak membentuk jejaring yang cukup padat, yang dapat digunakan untuk keperluan wisata alam.

3. Tanah

Secara keseluruhan, tanah di kawasan CBC terdiri atas jenis-jenis tanah berikut (FAO, 1978; PPTA, 1966, PHKA, 2008):

- a) Kompleks regosol kelabu dan litosol, abu pasir, tufa, dan batuan vulkanis terdapat di lereng pada elevasi tinggi, yang berasal dari lava dan batuan hasil kegiatan gunung berapi. Jenis tanah ini berwarna gelap dengan porositas tinggi dan sangat peka terhadap erosi. Di sekitar kawah G. Gede yang masih aktif hanya ditemukan jenis litosol yang belum melapuk.
- b) Andosol cokelat dan regosol cokelat pada lereng-lereng di kawasan elevasi tinggi, tetapi batuan dan lava telah mengalami pelapukan lebih lanjut. Jenis ini pun tergolong sangat peka terhadap erosi.
- c) Latosol cokelat, tufa, dan batuan vulkanis terdapat pada lereng-lereng paling bawah dan daerah pamah dengan elevasi rendah.
- d) Di daerah pamah jenis tanah berupa liat dengan lapisan tanah bawahan (*sub-soil*) yang gembur, serta mudah ditembus air. Lapisan bawah jenis tanah ini telah lapuk sehingga jenis tanah ini sangat subur dan tergolong agak peka terhadap erosi.

Meijer (1959) menyatakan bahwa tanah di kawasan berhutan berwarna cokelat kehitaman yang permukaannya dilapisi humus setebal 20–30 cm. Lapisan di bawah tanah adalah cadas yang rapuh berwarna kuning dan pada kedalaman 70–80 cm di bawah permukaan tanah terdapat batu cadas yang keras. Semakin tinggi elevasi, lapisan permukaan tanah semakin tipis, keasaman semakin tinggi, dan laju dekomposisi serasah semakin lambat. Di Kandang Badak dan sekitarnya permukaan tanah tertutup lumut dan batuan asli yang berupa lahar beku tampak jelas, sedangkan di sekitar puncak tanah berupa batuan keras yang terlihat berserakan di permukaan.

B. Iklim

Iklim dapat didefinisikan sebagai cuaca jangka panjang suatu kawasan dan merupakan salah satu komponen fisik dalam ekosistem bumi. Biasanya, iklim dikategorikan menjadi iklim makro dan iklim mikro. Iklim makro dapat diartikan iklim suatu kawasan yang faktor-faktornya meliputi curah hujan, suhu, angin, kelembapan, radiasi matahari, dan tutupan awan. Sedangkan iklim mikro adalah

iklim dalam suatu ruang, seperti ruang dalam kanopi suatu hutan, yang berinteraksi langsung dengan organisme hidup di permukaan bumi. Iklim di kawasan Cagar Biosfer Cibodas, terutama di area inti di sekitar puncak G. Gede-Pangrango, diuraikan menjadi iklim mikro dan iklim mikro di dalam vegetasi.

1. Iklim Mikro

Iklim Indonesia yang diekspresikan dengan pola curah hujan diuraikan oleh Schmidt dan Ferguson (1951). Ditunjukkan bahwa sebagian besar kepulauan Indonesia beriklim basah sepanjang tahun dan Jawa Barat, termasuk G. Gede-Pangrango, mempunyai iklim basah yang digolongkan ke dalam tipe hujan basah sampai sangat basah.

Steenis dkk. (1972, 2006) membahas iklim dan iklim mikro di dalam hutan pegunungan Jawa. Sementara itu, Docters van Leeuwen (1933) menguraikan dengan rinci iklim di sekitar puncak G. Gede-Pangrango. Uraian tersebut yang dilengkapi dengan data tambahan tentang curah hujan dan suhu dari berbagai stasiun meteorologi di kawasan CBC (Lembaga Meteorologi dan Geofisika/LMG, 1969) serta uraian singkat tentang sistem iklim Schmidt dan Ferguson (1951) menjadi bahan dan dikutip dalam pertelaan tentang iklim di kawasan G. Gede-Pangrango berikut ini.

Iklim tropik pamah adalah iklim yang paling kondusif dan menunjang bagi tumbuhan untuk hidup dan berkembang bumi kita ini. Sepanjang tahun perubahan nyata tentang curah hujan hanya terjadi di kawasan yang beriklim kering musiman, sedangkan perubahan suhu boleh dikatakan tidak nyata. Perubahan suhu hanya terjadi sepanjang landaian (*gradient*) elevasi dari pantai sampai ke puncak gunung. Perubahan iklim pada Masa Es, pengeringan dan kejadian dahsyat lain tidak terjadi di daerah tropik sehingga kondisi ini sangat kondusif untuk perkembangan flora tropik yang melimpah dengan keanekaragaman yang tinggi (Steenis dkk.1972, 2006). Dikatakan bahwa daerah tropik merupakan situs proses evolusi tumbuhan yang terus berlangsung sejak lama. Variasi iklim pegunungan lebih besar daripada iklim pamah sebagai hasil interaksi berbagai faktor, seperti

Buku ini tidak diperjualbelikan.

(i) fluktuasi harian hari pendek, (ii) penurunan suhu secara teratur sesuai dengan perubahan elevasi, dan (iii) pergantian tahunan angin tenggara atau angin monsun kering selama bulan Juni–September dan angin monsun basah pada bulan November–Maret. Fluktuasi harian dan tahunan sangat dipengaruhi oleh topografi gunung. Hujan biasa terjadi terus menerus di daerah yang diterpa tiupan angin, sementara kekeringan terjadi di daerah bayangan hujan.

Dari berbagai data meteorologi (LMG, 1969) tampak bahwa nilai-nilai yang disajikan adalah nilai-nilai ekstrem dan rata-rata curah hujan, jumlah hari hujan, dan suhu, seperti tampak pada Gambar 3. Angka rata-rata tidak menggambarkan iklim yang sebenarnya, melainkan hanya nilai rata-rata kondisi ekstrem. Iklim dipengaruhi pula oleh vegetasi, yang selain mengurangi ketajaman ekstrem suhu dan kelembapan udara, juga mengembunkan air dari kabut, suatu proses alami yang diabaikan dalam perekaman data meteorologi (LMG, 1969; Steenis dkk., 1972, 2006; Steenis & Schippers-Lammerstse, 1965). Secara keseluruhan, gunung-gunung beriklim sejuk. Di dalam hutan perubahan cuaca kecil, tetapi di tempat terbuka yang menerima sinar matahari langsung dan setiap saat dapat dipengaruhi embusan angin, perubahan ini besar dan dapat terjadi secara mendadak.

Curah hujan biasanya dinyatakan dalam mm sebagai curah hujan rata-rata per bulan dan total rata-rata per tahun. Di gunung-gunung di Jawa, curah hujan tahunan rata-rata kebanyakan di atas 2.000 mm, bahkan sampai lebih dari 3.000 mm (LMG, 1969; Steenis dkk., 1972, 2006). Di kawasan G. Gede-Pangrango pada elevasi di atas 1.000 mdpl, curah hujan tahunan rata-rata berkisar dari 2.828 mm di Cipanas sampai 4.245 mm di Mandalawangi (Gambar 3). Data total tahunan akan lebih berarti bagi pertumbuhan dan vegetasi bila dilengkapi dengan data sebaran hujan sepanjang tahun. Dari Gambar 3 tampak bahwa angka curah hujan di kawasan TNGGP-CBC, baik di daerah pegunungan maupun di daerah pamah (elevasi < 1.000 mdpl), secara konsisten tidak terbagi rata sepanjang tahun, tetapi bervariasi dari bulan ke bulan. Periode relatif kering terjadi antara bulan Mei dan September dengan curah hujan terendah di Sukabumi sebesar 50 mm pada bulan Agustus, sementara periode

basah berlangsung dari Oktober sampai April dengan puncaknya pada bulan Januari atau Desember. Curah hujan bulanan rata-rata tertinggi tercatat di Mandalawangi, yaitu 685 mm pada bulan Januari.

Boerema (1926, 1931) dan Schmidt dan Ferguson (1951) membuat tipe-tipe curah hujan, sedangkan Berlage (1949) dan LMG (1969) menyajikan data normal (rekaman minimal selama 30 tahun) curah hujan bulanan dan tahunan rata-rata. Para pakar biologi dan tanah biasanya mengukur kebasahan iklim berdasarkan lama dan parahnya masa kering, yang dapat diperoleh dari jumlah hari hujan dalam empat bulan paling kering berturut-turut dalam setahun (Steenis dkk., 1972, 2006; Steenis & Schippers-Lammerstse, 1965). Di kawasan TNGGP-CBC pola sebaran jumlah hari hujan bulanan mengikuti pola sebaran curah hujan bulanan dan berkisar dari 5–30 hari dan yang terendah adalah sekitar lima hari per bulan yang terjadi pada bulan Juni–Agustus (Gambar 3).

Schmidt dan Ferguson (1951) merumuskan tipe hujan berdasarkan indeks Q yang berupa persentase jumlah bulan kering terhadap jumlah bulan basah. Tipe hujan di Indonesia, berkisar dari tipe A sampai dengan tipe H. Di P. Jawa tipe hujan berkisar dari tipe A–tipe E, sedangkan di Jawa Barat, Jakarta, dan Banten dari tipe A–tipe D (Tabel 1). Di kawasan TNGGP-CBC seluruhnya termasuk ke dalam tipe A. Pola hujan bulanan rata-rata dan jumlah hari hujan rata-rata di stasiun pencatat hujan LMG yang terdapat di dalam dan sekitar CBC tercantum dalam Gambar 3. Rincian metodologi botani dan reaksi tumbuhan terhadap curah hujan dapat dilihat dalam tulisan Steenis dan Schippers-Lammertse (1965).

Tabel 2. Tipe Hujan di Jawa Barat

Tipe	Q (%)	Keterangan
A	0–14,3	Sangat basah; vegetasi alam: hutan hujan tropik malar hijau
B	14,3–33,3	Basah; vegetasi alam: hutan hujan tropik malar hijau
C	33,3–60,0	Agak basah, vegetasi alam: hutan tropik malar hijau dengan kehadiran beberapa jenis pohon yang menggugurkan daun
D	60,0–100,0	Sedang; vegetasi alam: hutan monsun

Sumber: Schmidt dan Ferguson (1951)

Di Jawa Barat, iklim gunung sampai elevasi 3.000 mdpl selalu basah dengan curah hujan rata-rata tahunan sekitar 3.000–4.000 mm. Curah hujan tersebar agak merata sepanjang tahun, dengan masa agak kering yang pendek pada bulan Juli–Agustus, dengan 20 hari hujan atau lebih dalam sebulan.

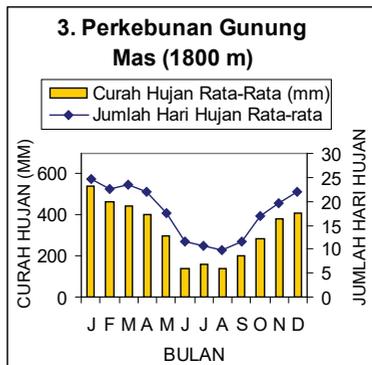
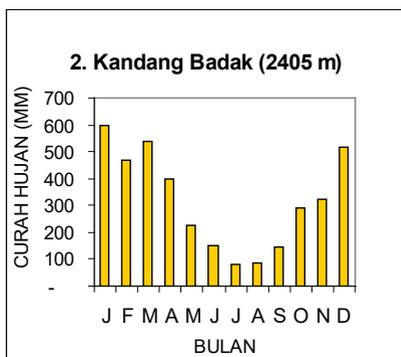
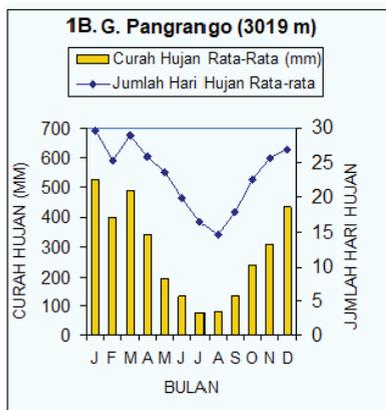
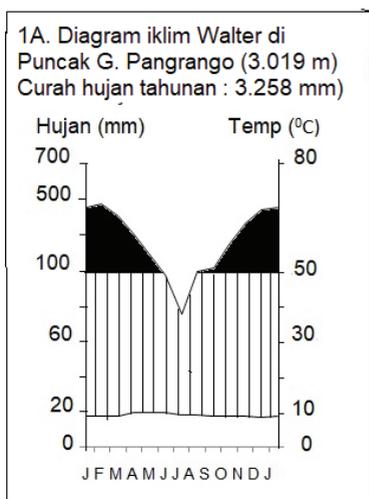
Tumbuhan liar dan tanaman budi daya bereaksi terhadap sebaran curah hujan. Untuk budi daya tanaman teh, yang mencakup kawasan luas di CBC, menurut Backer dan Slooten (1924), ambang minimum adalah 30 hari hujan dalam 4 bulan paling kering berturut-turut dalam setahun. Kawasan ini tepat sama dengan daerah tumbuh *Nepenthes* (Steenis dkk., 1972, 2006). Pemetaan curah hujan seperti ini sangat penting untuk memahami formasi dan mutu tanah.

Situasi hujan di bagian utara G. Gede-Pangrango dilukiskan dalam Gambar 3. Dari grafik curah hujan keadaan di puncak G. Pangrango tampak bahwa masih cukup banyak hujan turun selama 4 bulan kering antara Juni hingga September. Jika selama jangka waktu pengamatan yang sama ditelaah pula jumlah hari hujan maka akan terlihat bahwa pada bulan terkering, yaitu Agustus, tercatat 15 hari hujan, yang dapat dikatakan bahwa hujan turun setiap dua hari sekali dalam jumlah yang cukup banyak sehingga tampaknya kemarau tidak berdampak. Hal serupa dicatat pula oleh Steenis dkk. (1972, 2006) pada tahun 1912–1930, yang menunjukkan 14 hari hujan pada bulan terkering Juli.

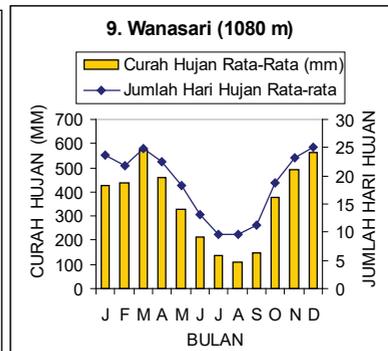
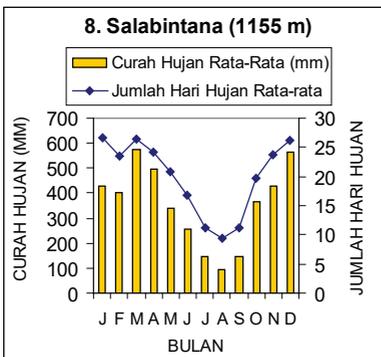
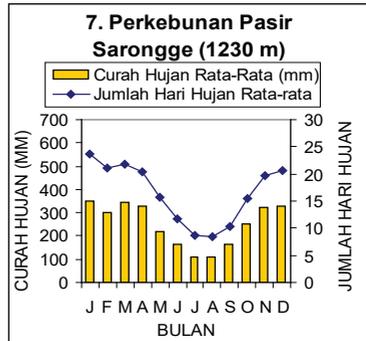
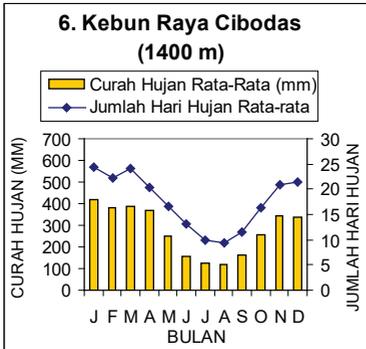
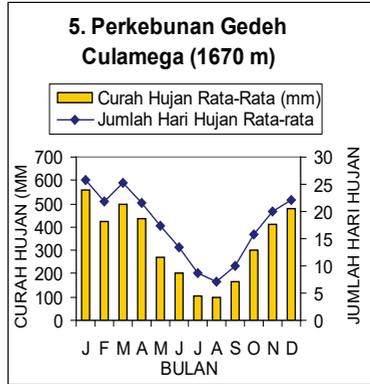
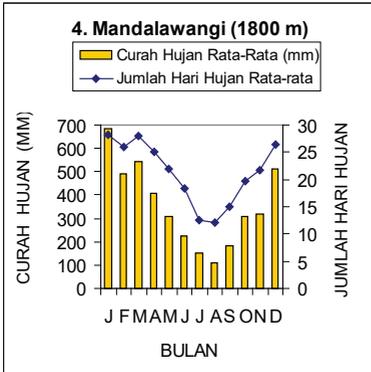
Steenis dkk. (1972, 2006) mengemukakan bahwa selain dari hujan, G. Pangrango memperoleh air juga dari kabut yang mengembun dan mencair pada dedaunan dan lumut dalam hutan, tetapi sayangnya sampai saat ini tidak ada data terukur tentang besarnya tambahan air dari sumber ini. Di kawasan G. Gede-Pangrango, hujan lazimnya turun pada sore hari dan selama bulan Desember–Januari sering kali hujan turun sepanjang hari. Di daerah terlindung dan cekungan-cekungan, curah hujan lebih sedikit dibandingkan dengan di lereng-lereng sebelah luar.

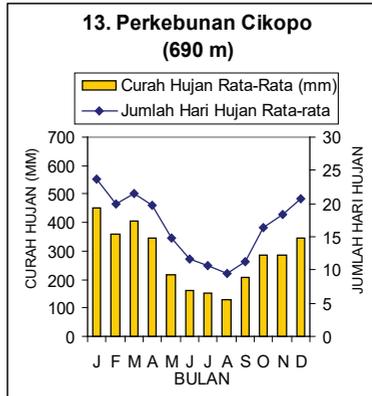
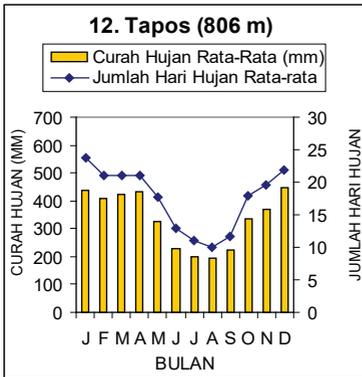
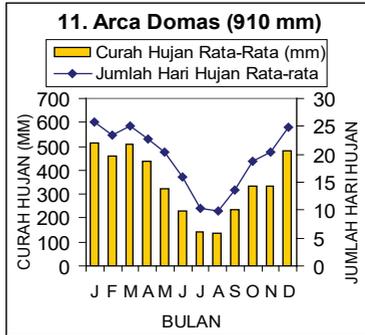
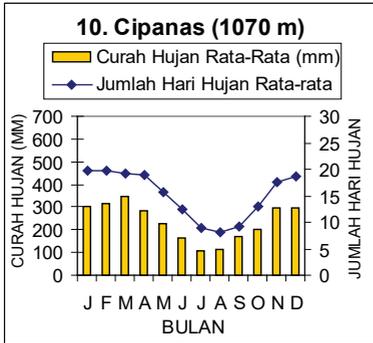
Pola curah hujan dapat berubah terutama pada masa kering yang luar biasa, misalnya antara 1881–1940 terjadi 10 kali (lihat Schmidt & Vecht, 1952). Iklim berubah-ubah dan sebaran curah

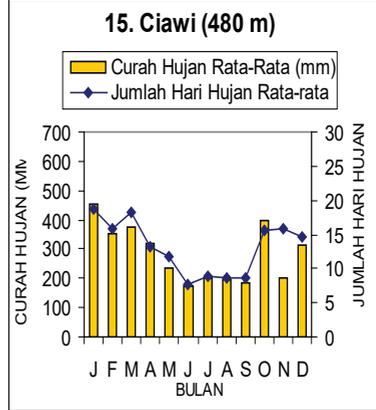
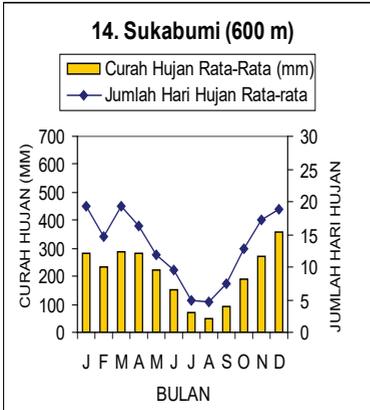
hujan dapat menjadi sangat tidak merata. Steenis dkk. (1972, 2006) mengisahkan bahwa sepanjang Juli–September 1914, curah hujan total di puncak G. Pangrango pada elevasi 3.015 mdpl adalah 13 mm, tetapi pada tahun 1921 selama tiga bulan yang sama, curah hujan total adalah 460 mm. Sementara itu, kondisi sangat kering terjadi sepanjang tahun 1913 dan curah hujan total di puncak G. Pangrango hanya 1.979 mm, sedangkan sepanjang 1916 dan 1917 curah hujan yang diterima lebih dari 4.000 mm. Gejala seperti ini sudah lama mengandung perbedaan pendapat.



Buku ini tidak diperjualbelikan.







Ket.: Diagram iklim Walter untuk Puncak G. Pangrango (1A) disertakan di ujung kiri atas untuk menggambarkan pola sebaran bulanan curah hujan dan suhu selama satu tahun. Diagram menunjukkan bahwa di puncak G. Pangrango terjadi masa kering dan defisit air pada bulan Juli–Agustus.

Sumber: diolah oleh penulis berdasarkan data Docters van Leewen (1933)

Gambar 3. Curah hujan rata-rata bulanan (mm) dan jumlah hari hujan rata-rata bulanan di beberapa stasiun pencatatan hujan LMG (1969) di dalam dan sekitar TNGGP-CBC.

Selama periode 1931–1960 (LMG, 1969), di Kebun Raya Cibodas turun hujan tahunan rata-rata 3.313 mm dengan sebaran yang relatif tidak merata sepanjang tahun (Gambar 3). Hujan bulanan rata-rata berkisar dari 118 mm sampai 418 mm dan jumlah hari hujan berkisar dari 9,5–24,5 hari serta bulan terkering terjadi pada bulan Agustus dengan curah hujan 118 mm sehingga kondisi di sini masih relatif basah. Pola seperti di Cibodas ini berlaku juga di tempat-tempat lain di kawasan TNGGP-CBC (Gambar 3). Kekeringan yang lebih parah dapat saja terjadi di Cibodas dan pada waktu kekeringan yang berlangsung hanya beberapa hari saja serasah dapat terbentuk dan daun-daun *Algamyla* serta paku-pakuan berlapis lilin tipis mengerut (Steenis dkk., 1972, 2006). Tumbuhan yang layu dan kering ini dapat pulih menjadi segar kembali segera setelah periode kering yang pendek berakhir. Secara mikroskopik terbukti bahwa

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pemulihan kembali terjadi melalui penjemuran rongga-rongga dalam daun oleh udara atau oleh air (Renner, 1932). Untuk menjaga keseimbangan penguapan, pohon-pohon hutan hujan meluruskan daun-daunnya lebih banyak daripada biasanya.

Data tentang iklim di bagian atas G. Gede-Pangrango tidak banyak diketahui dan hanya terbatas pada catatan tentang cuaca yang dibuat dalam kunjungan pendek. Docters van Leeuwen (1933) membuat stasiun penelitian biologi yang merekam juga data iklim. Ia menguraikan secara rinci iklim di sekitar puncak G. Gede-Pangrango, pada elevasi di atas 2.000 mdpl. Selain melakukan penelitian intensif tentang biologi reproduksi berbagai spesies dan tentang kehidupan hewan di sana, ia juga merekam iklim secara sistematis. Pada tahun 1930-an, LMG mendirikan stasiun pencatatan suhu, curah hujan, penyinaran matahari, dan kelembapan di berbagai puncak gunung berapi, termasuk G. Pangrango, yang diperiksa secara berkala, dan bahkan ada juga pencatatan secara otomatis. Data lapangan ini diolah dan diterbitkan menjadi monografi tentang iklim Hindia Belanda, misalnya oleh Braak (1923–1925), yang memuat juga bab khusus tentang iklim Pangrango. Faber (1927) menemukan bahwa data tersebut tidak memadai untuk digunakan dalam pengamatan ekologi. Oleh karena itu, ia membuat observasi tambahan yang menguraikan lebih baik tentang kondisi habitat tumbuhan dan mempertelakan secara rinci ekologi tumbuhan kawah. Ia mencatat bahwa kelembapan di dekat tanah dan di antara rumpun-rumpun berbeda dengan kelembapan di udara bebas. Oleh karena itu, tumbuhan yang biasa tumbuh di tempat terbuka yang basah dapat tumbuh juga dengan baik di bawah naungan rumpun-rumpun.

Docters van Leeuwen (1933) mengemukakan bahwa data iklim pertama di puncak Pangrango dibuat oleh Junghuhn (1845) dan data yang dikumpulkan diuraikannya dalam gambaran iklim umum dalam bukunya “*Jawa*”. Dikemukakan bahwa ketika ia tinggal di puncak Pangrango, pada tanggal 28 Juli 1839 (di tengah musim kemarau), ia merasakan cuaca hangat dan tenang tidak berangin. Pada pagi hari tanggal 29 Juli, ia melihat udara beku. Baru setelah lewat tengah hari kabut mencapai puncak dan turun lagi ketika hari semakin sore

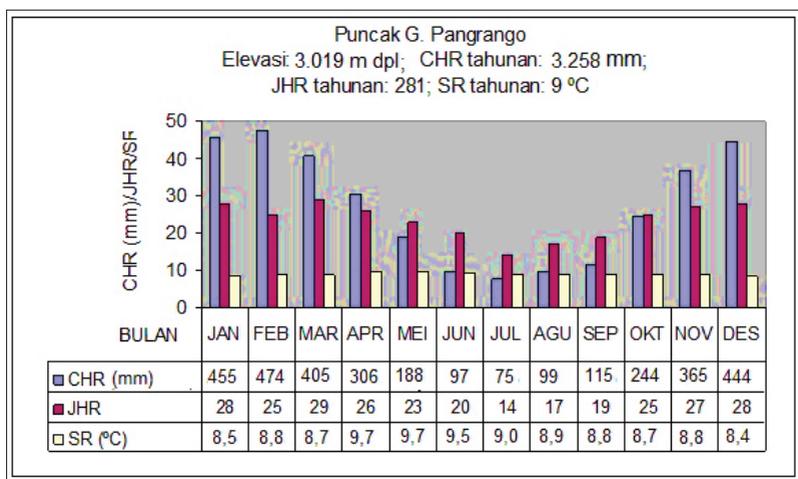
dan awan menggumpal seperti menara di bawahnya. Pada pagi hari tanggal 30 Juli, suhu turun sampai 3°Fahrenheit di bawah titik beku dan semua tumbuhan di lembah kawah tertutup embun beku. Jauh di bawah terdapat lautan awan, dan mendekati pukul 11.00, tanpa ada tanda-tanda tiupan angin, tutupan kabut berputar cepat melalui lembah kawah. Malam berikutnya juga terdapat banyak embun beku, tetapi pada pagi tanggal 31 Juli, suhu mencapai 38°F. Suhu maksimum dicapai sekitar pukul 15.00, dan setelah itu suhu cepat turun. Pada tanggal 10 dan 11 November, yaitu pada musim hujan pada tahun yang sama, Junghuhn mencatat angin kencang bertiup dari arah timur. Cuaca berubah-ubah dan kabut terus-menerus menyapu puncak.

Selama beberapa minggu berkemah di puncak Pangrango pada bulan Januari, April, dan November, Junghuhn mencatat bahwa angin yang selalu bertiup adalah angin dari timur, tetapi dalam satu jam angin dapat bertiup dari segala arah. Perubahan yang cepat, kekeringan yang ekstrem, dan kelembapan merupakan karakteristik di bagian atas gunung. Di zona ini jarang turun hujan dan pada bulan-bulan kering hujan tidak pernah turun. Pada waktu lain turun hujan rintik-rintik dan hanya terjadi kalau angin barat bertiup. Pada elevasi ini angin monsun tenggara bertiup terus-menerus, tetapi pada malam hari angin berkurang dan bahkan berhenti sehingga cuaca selalu kering. Di puncak tertinggi Pangrango angin barat hanya bertiup selama satu atau setengah hari pada bulan Januari, dan baru bertiup lagi beberapa minggu sampai beberapa bulan kemudian.

Docters van Leeuwen, yang sering melakukan perjalanan ke gunung-gunung berapi dan sering kali tinggal di puncak G. Pangrango, berbeda pendapat dengan pakar lain tentang kekeringan di daerah puncak. Di puncak Pangrango, curah hujan sangat tinggi meskipun dari tahun ke tahun bervariasi. Pada tahun 1913 yang sangat kering curah hujan hanya 1.979 mm, sedangkan pada tahun 1916 dan 1917 curah hujan mencapai lebih dari 4.000 mm. Curah hujan rata-rata tahunan selama 19 tahun adalah 3.258 mm (Gambar 4). Bahkan pada bulan yang dikatakan kering hujan turun cukup banyak. Pada tahun 1914 yang kering, curah hujan pada bulan Juli,



Agustus, dan September berturut-turut adalah 1 mm, 10 mm, dan 2 mm; sedangkan pada tahun 1923 curah hujan adalah 364 mm, 2 mm, dan 94 mm, sementara pada tahun 1921 curah hujan cukup tinggi, yaitu 147 mm, 119 mm, dan 191 mm. Gambar 4 menunjukkan bahwa curah hujan rata-rata bulan Juli adalah 75 mm, dengan jumlah hari hujan rata-rata 14. Sementara itu, Februari adalah bulan dengan curah hujan tertinggi yaitu rata-rata 474 mm, yang diikuti bulan Januari dan Desember dengan curah hujan 450 dan 440 mm, sedangkan pada bulan November hanya 365 mm.



Sumber: Diolah dari data Docters Van Leeuwen dengan izin (1933)

Gambar 4. Curah hujan rata-rata (CHR), jumlah hari hujan rata-rata (JHR), dan suhu bulanan rata-rata (SR) di puncak G. Pangrango pada tahun 1912–1930.

Docters van Leeuwen (1924, 1933) menyatakan bahwa pengetahuan tentang iklim sangat penting untuk penelitian hubungan antara kehidupan tumbuhan dan kehidupan hewan. Tingkah laku, terutama serangga terbang, yang berperan dalam penyerbukan, sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Ia cukup lama mengadakan pengamatan di puncak Pangrango dan uraian di bawah ini adalah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

esensi dari hasil pengamatan tersebut. Fluktuasi suhu di sekitar rata-rata kecil sekali, hujan datang secara teratur dan pergerakan udara secara keseluruhan hampir tidak ada. Transparansi atmosfer dan juga pantulan dari massa awan putih yang sangat besar menyebabkan radiasi di puncak gunung jauh lebih kuat daripada di dataran. Gejala ini mengakibatkan adanya perbedaan sangat nyata antara periode matahari bersinar dan periode ketika sinar matahari terhalang oleh awan. Perbedaan juga terjadi antara kondisi atmosfer di dalam hutan dan di tempat-tempat terbuka.

Selanjutnya dikatakan bahwa, khususnya pada musim barat ketika udara tenang dan matahari bersinar, keadaan di pegunungan sangat nyaman. Situasi nyaman dan kesan yang indah diciptakan oleh bunga-bunga yang beraneka warna, udara yang segar, suhu yang hangat, kesibukan serangga dan burung, bentangan jauh panorama indah dari puncak Pangrango sampai ke pantai sebelah barat Jawa. Keindahan lain dan pemandangan indah yang menawan hati juga dapat dinikmati ketika matahari terbenam di bawah awan, suhu yang menurun sangat cepat sehingga udara menjadi dingin sekali. Namun, situasi seperti itu tidak sering terjadi. Waktu pagi matahari memang bersinar, tetapi sinar matahari segera ditutupi awan dan membuat segala sesuatu menjadi kelabu dan berkabut. Adakalanya kabut sudah muncul di awal pagi dan menutupi puncak selama beberapa hari. Hari menjadi suram, dingin, sunyi senyap tanpa kicauan burung dan desis serangga terbang, dan hanya lebah yang sibuk terbang ke sana-sini mengunjungi bunga-bunga.

Docters van Leeuwen mencatat bahwa gerakan angin di daerah puncak gunung pada umumnya lebih sedikit daripada di daerah yang lebih rendah. Angin yang naik sepanjang lereng (*flanks*) gunung berapi bergerak dengan kecepatannya sendiri melewati puncak. Oleh karena itu, kekuatan angin di bagian yang lebih tinggi dari puncak Pangrango lebih kecil daripada di lembah kawah di bagian bawah. Melalui celah di dinding kawah angin memasuki lembah, bertiup sepanjang jalur itu dan keluar di sisi lain. Ia tidak sependapat dengan Junghuhn yang mengatakan bahwa angin pada malam hari berku-rang. Sebaliknya, ia mencatat bahwa angin sering kali akan bertiup

lebih kuat setelah matahari terbenam dan menurun lagi pada pagi hari. Pergerakan udara berdampak terhadap tumbuhan karena memengaruhi evapotranspirasi. Meskipun demikian hanya sedikit bukti pengaruh langsung angin yang relatif lemah ini terhadap pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

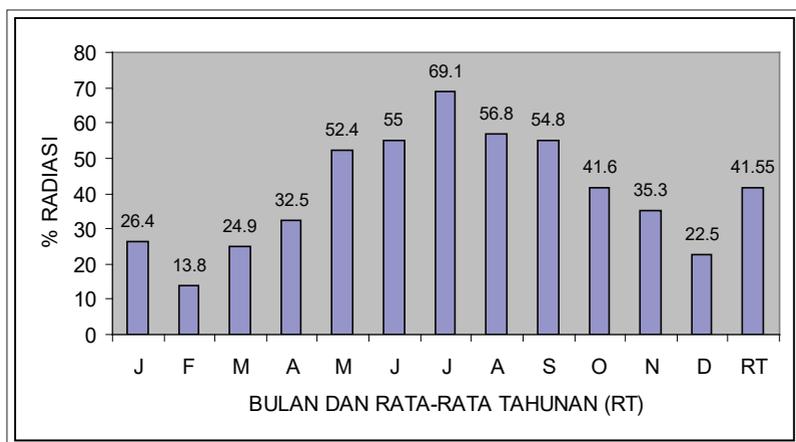
Pemandangan yang sangat indah dari puncak gunung adalah bentangan lautan awan yang menutup daerah rendah pada awal pagi. Pada malam hari awan berubah menjadi massa putih yang membentang sampai ke lapisan atas atmosfer, yang setelah hujan menjadi transparan sehingga hamparan jauh ke sekitarnya dapat terlihat. Namun, pemandangan seperti ini akan menghilang segera setelah matahari terbit dan pada waktu yang sama awan menjadi lebih kabur dan mulai menaik sepanjang sisi gunung.

Pada bulan paling kering, puncak gunung terletak di atas sabuk awan, tetapi pada musim basah tidak demikian. Pada musim barat, selama beberapa hari, seluruh gunung sering kali tertutup awan segera setelah matahari terbit dan awan biasanya terbentuk pada elevasi lebih rendah. Selama itu pula kelembapan udara juga tetap 100%. Gambar 5 menunjukkan angka-angka jumlah hari hujan dengan kelembapan 100% di puncak G. Pangrango. Gejala seperti itu bahkan terjadi pula di puncak musim timur. Gunung berkabut sepanjang hari seperti itu terjadi karena awan didorong angin ke atas menuju puncak gunung. Pada hari-hari tenang kabut menghilang pada malam hari sehingga cuaca pada awal pagi hari cerah.

Radiasi matahari biasanya dinyatakan dalam persentase terhadap sinar matahari penuh. Gambar 5 adalah hasil pengamatan Docters van Leeuwen (1933) selama tahun 1918–1925, yang menunjukkan persentase radiasi matahari bulanan rata-rata dan rata-rata tahunan. Tercatat bahwa persentase rata-rata pada bulan Juli lima kali lebih besar daripada Februari. Gambar 6 menunjukkan jumlah hari per bulan rata-rata tanpa matahari (TM); dan jumlah hari per bulan rata-rata dengan sinar matahari 100% (RAD 100%) di puncak G. Pangrango selama tahun 1918–1925. Dari tabel dalam gambar tersebut tampak bahwa jumlah hari tanpa matahari lebih kecil

daripada hari-hari dengan kelembapan 100%, yang berarti matahari dapat muncul sebentar tanpa mengurangi kelembapan.

Dikemukakan bahwa pada musim hujan, ketika puncak gunung terus menerus tertutup kabut selama sehari-hari, kelembapan mencapai 100%, sedangkan pada musim kemarau fluktuasi kelembapan biasanya sangat besar. Ketika kabut tetap berada di bawah puncak, puncak tersebut akan kering, seperti terjadi pada malam tanggal 20–21 September dan pada tanggal 22–23 September 1913. Bila kabut naik menyelimuti puncak, kelembapan naik lagi menjadi 100%, seperti terjadi pada tanggal 21 dan 22 September. Data di atas menggambarkan bagaimana kondisi cuaca berdasarkan kelembapan dan radiasi matahari di puncak G. Pangrango.

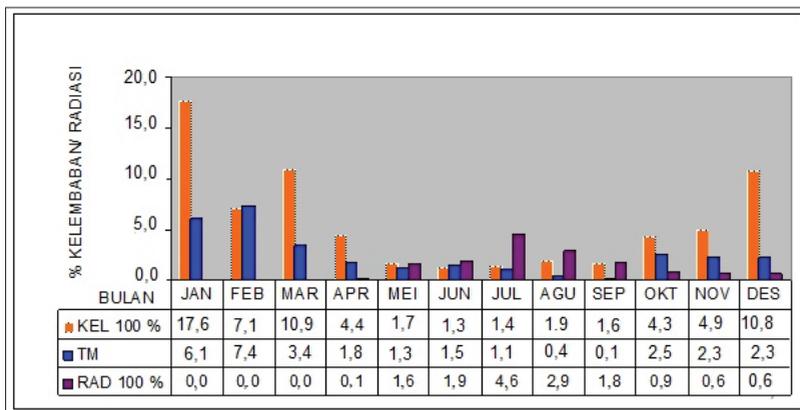


Sumber: Diolah dengan izin dari data Docters van Leeuwen (1933)

Gambar 5. Persentase Radiasi Matahari Rata-rata Bulanan dan Rata-rata Tahunan di Puncak G. Pangrango Selama Tahun 1918–1925.

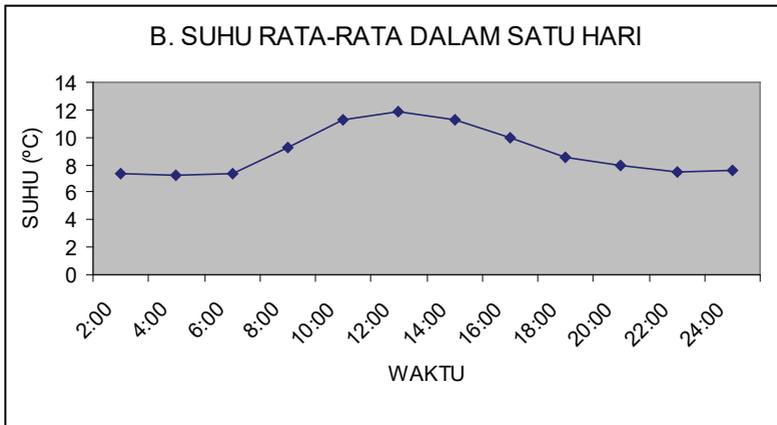
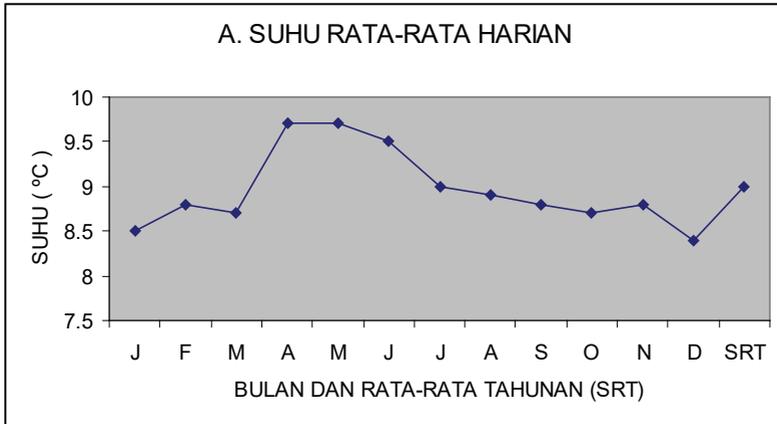
Cahaya matahari atau radiasi yang diterima terbanyak selama bulan-bulan kering dan kurva sebaran bulanan dalam setahun berbanding terbalik dengan sebaran curah hujan (Gambar 4 dan Gambar 5) karena curah hujan terkait dengan kondisi awan dan kabut, seperti terjadi juga di puncak G. Pangrango (Steenis dkk., 1972, 2006 a & b). Jawa terletak pada 7° Lintang Selatan, lereng timur dan

utara G. Gede-Pangrango menerima cahaya lebih banyak daripada lereng-lereng barat dan selatan. Sebagai reaksi terhadap situasi ini pertumbuhan batang berbagai jenis pohon agak miring, seperti tampak pada *Paraserianthes lophantha*.



Sumber: Diolah dengan izin dari data Docters van Leeuwen (1933)

Gambar 6. Jumlah hari per bulan rata-rata dengan kelembapan 100% (KEL 100%); jumlah hari per bulan rata-rata tanpa matahari (TM); dan jumlah hari per bulan rata-rata dengan sinar matahari 100% (RAD 100%) di puncak G. Pangrango selama tahun 1918–1925.



Sumber: Diolah dengan izin dari data Docters van Leeuwen (1933)

Gambar 7. (A) Suhu udara: rata-rata tahunan (SRT) dan suhu rata-rata bulanan; (B) suhu rata-rata menurut waktu dalam satu hari selama tahun 1918–1925

Docters van Leeuwen (1933) mencatat bahwa di puncak Pangrango kelembapan nisbi menurun pada pagi hari dan naik sampai sore, tetapi pada malam hari turun lagi secara drastis. Pada tanggal 15–20 Agustus 1915, kelembapan nisbi pada pukul 12.00 siang adalah antara 90 dan 100%, tetapi pada pukul 12 tengah malam

turun sampai kurang dari 30%. Gejala ini biasanya tidak terjadi di daerah dataran lainnya. Fluktuasi kelembapan nisbi ini terjadi terutama pada musim kering. Ketidakteraturan kelembapan ini disebabkan oleh pergantian antara kabut, hujan, dan sinar matahari yang sering terjadi. Kelembapan dapat tetap tinggi selama beberapa hari secara terus menerus. Pada siang hari udara di daerah rendah, yang dipanaskan oleh sinar matahari, dapat naik cukup tinggi sehingga kabut dapat mencapai puncak. Perubahan yang cepat seperti ini menyebabkan kekeringan tidak berpengaruh terhadap vegetasi. Catatan pada tanggal 24 Agustus 1924 menunjukkan bahwa di puncak Pangrango bantalan-bantalan lumut pada batang dan ranting berwarna kuning-cokelat dan sangat kering. Ternyata pada tanggal 27 Agustus kelembapan nisbi hanya 20%, tetapi pada hari-hari berikutnya ketika kelembapan naik sampai hampir 100%, bantalan lumut menjadi sangat basah penuh dengan air dan kembali berwarna hijau

Steenis dkk. (1972, 2006) menambahkan bahwa dalam hutan pegunungan kelembapan udara nisbi, sangat besar, terutama pada siang hari. Sementara itu, pada siang hari di musim kemarau, kelembapan udara naik dan pada malam hari turun. Umumnya perubahan pada siang hari jauh lebih besar pada musim kemarau daripada pada musim hujan. Kabut pagi mudah terbentuk di atas danau dan rawa, di plato, dataran, padang rumput rawa, dan lembah, terutama setelah turun hujan pada sore hari yang diikuti oleh malam yang cerah. Dikemukakan bahwa pada elevasi 1.500 m dan 2.500 mdpl awan dan kabut sering membentuk kalung awan-awan stratus pada musim kemarau. Lain halnya pada musim hujan, awan tebal dapat menutup gunung sampai ke puncaknya selama sehari-hari, bahkan berminggu-minggu.

Docters van Leeuwen (1933) mencatat bahwa suhu udara rata-rata di puncak Pangrango adalah 9°C , tetapi fluktuasi harian sangat besar (Gambar 7). Sementara itu, suhu tanah pada kedalaman 30 dan 60 cm sesuai dengan suhu udara rata-rata, paling tidak di dalam hutan. Namun, suhu di tempat terbuka yang berumput adalah 12°C atau 3°C lebih tinggi. Faber (1927) menyatakan bahwa terdapat perbedaan suhu pada kedalaman 10–15 dan 30 cm pada tanah yang

ditumbuhi tumbuhan kawah yang berakar di permukaan. Ia juga mencatat bahwa perbedaan suhu pada kedalaman 2 cm di bawah permukaan tanah yang disinari matahari penuh dan udara dapat mencapai 13°C. Di tempat seperti ini tidak banyak tumbuhan yang dapat hidup, kecuali *Gentiana quadrifaria* dan *Thelymitra javanica*.

Menurut Steenis dkk. (1972, 2006) suhu udara di pegunungan bergantung sekali kepada kondisi kabut. Di puncak gunung yang tertutup awan suhu tidak berfluktuasi, tetapi segera setelah awan terkuak dan sinar matahari masuk, suhu akan naik dan bila matahari bersinar sepanjang pagi suhu udara akan terasa hangat. Pada waktu malam yang berlangit cerah, suhu menurun tajam, tetapi jarang sampai di bawah titik beku. Dalam hutan dan dalam rumpun-rumpun kecil suhu tidak turun setajam di lembah kawah. Pada malam hari di musim kemarau, di puncak gunung embun beku sering terjadi dan menutupi rerumputan dan tumbuhan kecil. Pada waktu matahari terbit suhu di antara tumbuhan yang tertutup embun beku dapat mencapai 2°C. Meskipun jarang sekali terjadi, permukaan genangan air dekat sungai adakalanya tertutup salju.

Para pengamat di G. Gede-Pangrango Docters van Leeuwen (1933) dan Steenis dkk. (1972, 2006) menyatakan bahwa bila matahari bersinar kuat dan cahayanya dipantulkan oleh massa awan yang mengelilingi gunung, udara akan terasa sangat panas, tetapi di sela-selanya udara sangat dingin dapat dirasakan juga. Beberapa jenis hewan, terutama serangga (kecuali tawon), dan beberapa jenis tumbuhan sangat sensitif terhadap variasi suhu. Bunga *Gentiana quadrifaria*, misalnya, mekar lebih awal pada hari-hari cerah daripada ketika cuaca mendung, dan pada hari-hari turun hujan bunga hampir tidak mekar sama sekali. Bunga anggrek *Thelymitra javanica* hanya mekar pada hari-hari hangat ketika matahari bersinar di pagi hari. Bunga-bunga tumbuhan yang hidup di tempat terbuka, mekar lebih lebar daripada bunga-bunga tumbuhan yang terdapat di bawah naungan rumpun atau hutan.

Suhu rata-rata turun sesuai dengan elevasi yang meningkat. Menurut Braak (1923–1925) suhu rata-rata di permukaan laut adalah 26,3°C dan turun sebanyak 0,61°C setiap kenaikan elevasi 100



mdpl. Oleh karena itu, suhu dapat turun sampai 0°C pada elevasi sekitar 4.700 mdpl sehingga salju abadi dapat terbentuk, seperti di puncak tertinggi G. Jaya di Papua. Di Jawa salju tidak terbentuk, tetapi hujan batu es dapat terjadi. Yang sering terbentuk secara teratur di gunung-gunung di Jawa, termasuk di G. Gede-Pangrango, adalah embun beku, yang terjadi karena pembekuan air yang dikeluarkan oleh hidatod di ujung-ujung daun, seperti dapat terlihat timbunan kristal es pada tepi daun *Alchemilla* yang beringgit (Steenis, 1968).

Vrolijk (1934) melaporkan bahwa embun beku ini dapat merusak perkebunan teh dan kina di Jawa Barat. Ia mengemukakan bahwa pada tanggal 13–14 Agustus 1934, dalam musim kemarau yang sangat kering, suhu di antara rumpun-rumpun teh turun hingga 4–8°C di bawah nol. Kerusakan karena embun beku seperti itu terjadi di perkebunan teh Situ Gunung, di atas Sukabumi, yang termasuk dalam kawasan CBC. Untuk menanggulangi embun beku tersebut, perkebunan membangun saluran sedalam 3–4 m dan lebar sampai 40 cm untuk mengalirkan udara dingin keluar dari perkebunan.

Pengembunan sering terjadi pada pohon-pohon berdaun jarum (Braak, 1920), tetapi dapat juga terjadi di dalam hutan dengan pohon berdaun lebar yang sering diselimuti sabuk awan dan juga dalam hutan lumut yang mampu menghisap air sampai jenuh (Steenis dkk., 1972, 2006). Di hutan Cibodas anggrek yang menggantung di udara dan terlindung dari hujan mampu menyerap air dari udara yang jenuh (Went, 1940). Selain dari itu pada plato yang datar dan cekung di pegunungan, seperti di Gede-Pangrango. Pengembunan di pagi hari, adalah proses yang biasa terjadi. Embun dan air gutasi dari tumbuhan merupakan sumber air yang cukup signifikan, tetapi tidak pernah dicatat dalam data meteorologi. Pada bulan Agustus 2018, embun beku terjadi di pegunungan Dieng (Azanella, 2018).

Tumbuhan dapat juga menjadi indikator iklim (Steenis dkk., 1972, 2006). Lumut, paku-pakuan, anggrek epifit, ganggang, dan lumut kerak merupakan indikator yang nyata bagi iklim selalu basah. Tumbuhan terestrial yang dapat dijadikan indikator, di antaranya *Hymenophyllaceae*, *Dicranopteris*, *Gleichenia*, *Agalmyla*, *Argostemma*, *Corybas*, *Galeola javanica*, *Elatostema*, *Nepenthes*, *Pilea melastomoides*, dan *Usnea*.

2. Iklim Mikro di Dalam Vegetasi

Iklim di luar dan di dalam suatu vegetasi berbeda. Ditinjau dari segi ekologi, iklim di dalam kanopi suatu hutan atau iklim mikro lebih berarti daripada iklim di luar kanopi atau iklim makro. Iklim mikro berpengaruh langsung terhadap kehidupan sebagian besar tumbuhan, hewan, dan organisme lain dalam kanopi. Iklim mikro di dalam hutan hujan, terutama di atas permukaan tanah yang tidak terjangkau sinar matahari, relatif stabil (Walter, 1973). Suhu tidak bervariasi dan udara selalu jenuh. Karena kelembapan tinggi, pada malam hari bila udara sedikit mendingin embun dapat terbentuk di puncak-puncak pohon dan tetesannya membasahi daun-daun pada lapisan lebih rendah. Penetrasi cahaya ke bagian dalam hutan dibantu oleh bentuk tajuk pohon yang tidak teratur dan pantulan cahaya yang kuat dari daun-daun menjangat dan mengkilat. Struktur hutan memengaruhi intensitas cahaya di permukaan tanah yang biasanya hanya mencapai 0,5–1% dari cahaya penuh siang hari dan bahkan ada yang tidak lebih dari 0,1%.

Iklim mikro dalam kanopi bervariasi, baik secara vertikal maupun horizontal. Kanopi hutan menghalangi cahaya matahari penuh untuk mencapai lantai hutan. Perubahan yang terjadi pada cahaya dalam kanopi akan memengaruhi pertumbuhan jenis-jenis tumbuhan. Banyaknya cahaya yang jatuh di atas kanopi dan sampai ke lantai hutan ditentukan oleh sudut jatuhnya cahaya. Pada pukul 12.00 tengah hari, 15.00, dan 16.00 sore, cahaya yang jatuh di atas kanopi berturut-turut adalah 100%, 67%, dan 44%, sedangkan yang jatuh ke lantai hutan berturut-turut adalah 1%, 0,5%, dan 0,2% (Longman & Jenik, 1987). Lapisan teratas kanopi disebut zona eufotik (*euphotic zone*) (Richards 1983), dan bagian bawah kanopi dinamakan zona oligotrofik (*oligotrophic zone*) (Longman & Jenik, 1987). Zona eufotik terpapar langsung kepada cahaya dan menerima 25–100% insolasi (cahaya penuh) sehingga dalam lapisan ini vegetasi rimbun berkembang, produksi bunga dan buah tinggi, dan epifit yang memerlukan cahaya banyak atau epifit heliofili, (*heliophilous epiphytes*) seperti anggrek dan lumut kerak tumbuh lebat. Dalam zona oligotrofik cahaya yang diterima kurang dari 3% penyinaran

penuh. Dalam zona ini banyak terdapat epifit yang tumbuh di bawah naungan yang disebut epifit skiofili (*sciophyllous epiphytes*), seperti paku-pakuan, lumut, dan lumut hati.

Intensitas cahaya relatif dalam hutan Indonesia (Bünning, 1947) adalah sekitar 0,2–0,7%, sedangkan di lantai hutan primer pegunungan Gunung Gede, di bawah naungan penuh tajuk pohon berkisar antara 7% dan 10% (Srijanto, 1987). Dalam rumpang cahaya matahari pada siang hari langsung menimpa vegetasi di atas tanah sedangkan pada pagi dan sore hari menyinari vegetasi di tepinya. Sementara itu pada elevasi 1.100–1.500 mdpl, Kramer (1926, 1933) mencatat cahaya matahari harian rata-rata 44%, dengan kisaran 18% pada pukul 15.00 siang dan 70% pada pukul 09.30.

Di dalam sebuah rumpang, dedaunan menerima cahaya langsung dari langit dalam waktu lama sementara cahaya yang ditransmisikan lebih kecil daripada dalam hutan tertutup. Dedaunan berperan besar sekali dalam penyaringan gelombang cahaya, yang memengaruhi pertumbuhan berbagai jenis tumbuhan. Cahaya langsung juga meningkatkan suhu, yang mengakibatkan kelembapan nisbi menurun dan defisit kejenuhan (yaitu daya pengeringan) udara meningkat. Dedaunan menjadi dingin karena transpirasi tinggi.

Dalam rumpang-rumpang kecil lama penyinaran matahari penuh lebih singkat sehingga perubahan iklim mikro yang diakibatkannya kecil juga. Kondisi yang semakin berbeda dari situasi kanopi utuh akan tampak sesuai dengan ukuran rumpang yang semakin besar. Berbagai jenis mempunyai strategi ekologi untuk bereaksi terhadap kondisi rumpang yang berbeda ini. Jelas bahwa intensitas cahaya dekat lantai hutan bergantung sebagian kepada struktur kanopi dan juga kepada sudut jatuhnya cahaya pada permukaan kanopi (Longman & Jenik, 1987). Penyinaran relatif pada lantai hutan banyak sekali berkurang karena cahaya miring dihalangi oleh daun-daun, ranting, cabang, dan batang.

Longman dan Jenik (1987) menyatakan bahwa suhu maksimum dalam hutan tertutup tidak pernah lebih dari 30°C, tetapi di tempat terbuka di hutan tebingan dapat mencapai 50°C. Fluktuasi suhu tanah musiman dan diurnal biasanya kecil. Suhu tanah dipengaruhi

oleh suhu rata-rata di udara dan sedikit sekali dipengaruhi oleh perubahan kandungan air tanah (Longman & Jenik, 1987). Dinyatakan juga bahwa suhu dalam tanah praktis hampir sama dengan suhu pada lapisan vegetasi di dekat lantai hutan dan fluktuasinya dalam jangka panjang juga kecil sehingga memberikan lingkungan yang seragam untuk pertumbuhan akar dan mikroorganisme. Suhu pada kedalaman sekitar 100 cm hampir sama sepanjang tahun (Whitmore, 1986).

Beberapa aspek flora mencerminkan variasi vertikal iklim mikro ini. Berbagai suku dan jenis pohon, perdu dan pemanjat tumbuh sampai ketinggian tertentu. Epifit tumbuh pada batang, cabang, ranting dan bahkan daun pada ketinggian tertentu juga, sesuai dengan kondisi iklim mikro di sekelilingnya. Pohon-pohon besar tumbuh melalui kondisi iklim mikro yang berbeda selama pertumbuhannya, dari semai pada lantai hutan sampai menjadi pohon pada lapisan atas kanopi dan pohon menjulang tinggi di atas kanopi dengan tajuknya yang terdadah ke iklim di luar kanopi. Pada malam hari suhu di atas kanopi dapat turun menjadi lebih rendah daripada suhu dalam kanopi sehingga dapat terjadi inversi suhu yang mengakibatkan pencampuran konvektif massa udara (Evans, 1966). Meskipun pada malam hari kelembapan mencapai titik jenuh, di dalam hutan embun tidak terbentuk dan situasi seperti ini berarti sekali bagi kehidupan tumbuhan bawah, terutama semai (Whitmore, 1986).

Steenis dkk. (1972, 2006) menguraikan secara kualitatif kondisi iklim mikro dan kaitannya dengan tumbuhan di bawah hutan pegunungan bawah sampai pegunungan subalpin di Jawa, khususnya G. Gede-Pangrango. Dikatakan bahwa ciri yang jelas di bawah kanopi adalah ketiadaan angin dan kelembapan yang tinggi. Banyak lumut gantung (*Aerobryum*) tumbuh terurai dari dahan-dahan dan lumut daun tumbuh lebat pada batang-batang pohon rebah dan pangkal batang pohon-pohon yang basah. Selain itu, di tempat-tempat basah, seperti di dekat air terjun, lumut terestrial kadang-kadang tumbuh seperti permadani. Semakin tinggi elevasi sampai ke zona awan lumut daun tumbuh semakin banyak.



Selanjutnya Steenis dkk. (1972, 2006) menunjukkan bahwa dekat lantai hutan kelembapan udara selalu tinggi sehingga banyak ditemukan tumbuhan kriptogam kecil (ganggang, lumut kerak, lumut hati, dan lumut daun) yang tumbuh melimpah pada permukaan dedaunan, yang disebut epifil. Tumbuhan epifil sering terdapat pada daun-daun tua, misalnya daun tumbuhan jahe-jahean dan pohon-pohon kecil, seperti *Amaracarpus* dan *Lasianthus*. Epifil ini tidak tumbuh pada spesies tumbuhan inang khusus. Diperkirakan pertumbuhan epifil ini terkait dengan kehadiran genangan air pada permukaan daun yang menjadi tempat sporanya berkecambah dan kemudian melekat pada lapisan epidermis.

Kondisi di bawah kanopi yang selalu basah dengan kelembapan udara yang selalu tinggi merangsang epifit, termasuk lumut-lumutan, paku-pakuan, dan anggrek tumbuh melimpah. Di G. Gede-Pangrango Steenis dkk. (1972, 2006) mencatat bahwa jenis-jenis epifit, seperti *Hymenophyllaceae*, *Gleichenia*, *Nepenthes*, *Impatiens*, *Pilea*, *Elatostema*, *Amorphophallus*, *Agalmyla*, dan sebagian besar *Orchidaceae*, merupakan indikator kondisi iklim selalu basah. Jika udara sangat panas tumbuhan ini menjadi layu sementara dan dapat segar kembali segera setelah menyerap air dari atmosfer.

Sering diperkirakan bahwa dalam iklim hutan yang selalu basah daun-daun bukan saja lebar, melainkan juga agak menerna (*herbaceous*) dan tipis, tetapi kenyataan justru sebaliknya (Steenis dkk., 1972, 2006). Dalam hutan pegunungan yang basah sebagian besar pohon-pohon dan perdu berdaun seperti kulit dan keras. Sementara itu, dalam hutan subalpin pohon-pohon berdaun kecil yang cenderung bersifat mikrofil. Struktur daun yang sklerofilik disebabkan oleh selapisan kutikula yang sangat tebal. Struktur sklerofili pada tumbuhan yang hidup dalam lingkungan iklim sangat basah ini tidak sama dengan sifat xerofili (tahan kering). Seperti dikemukakan oleh Faber (1927), daun-daun sklerofili ini mempunyai laju respirasi yang tinggi. Selain itu, daun pohon-pohon hutan pegunungan dan hutan subalpin sangat resisten terhadap perubahan mendadak unsur-unsur iklim harian, seperti insolasi dan kelembapan udara.

BAB IV

VEGETASI BINAAN

Sebagian besar daerah penyangga TNGGP terdiri atas vegetasi binaan (Tabel 3) dan meliputi areal yang mencakup wilayah Kabupaten Sukabumi seluas 22.191,62 ha (53,29%), Kabupaten Bogor seluas 7043,37 ha (16,91%), dan Kabupaten Cianjur seluas 10.173,51 ha (24,43%) (TNGGP, 1995a & b). Daerah penyangga tersebut merupakan lereng dari G. Gede, G. Pangrango, G. Masigit, G. Gemuruh, dan G. Mandalawangi (TNGGP, 1995a). WIPA (2007) menyajikan uraian terinci tentang tataguna lahan di sekitar G. Gede-Pangrango.

Tabel 3. Jenis Penggunaan Lahan di Daerah Penyangga TNGGP dalam CBC

Jenis Penggunaan	Luas (ha)	%
Perkampungan	3.000,69	7,21
Sawah	16.330,39	39,22
Ladang	6.757,24	16,23
Perkebunan negara	4.268,75	10,25
Perkebunan swasta	1.837,22	4,41
Hutan	7.236,99	17,38
Penggunaan lainnya	2.210,00	5,30

Sumber: TNGGP (1995a)

TNGGP berbatasan langsung dengan vegetasi binaan yang berupa hutan milik Perum Perhutani (yang sekitar 6.000 ha di antaranya telah dialihkan statusnya menjadi bagian dari TNGGP), perkebunan teh, perkebunan campuran, KRC, lapangan golf, sawah, ladang palawija, dan kebun rakyat. Pada 6 Agustus 2009, telah ditambahkan oleh PT Perhutani III kepada Balai Besar (BB) TNGGP kawasan seluas 7.655 ha (Nomor 002/BAST-HUKAMAS/III/2009 Nomor 123/II TU/2/2009). Berikut ini adalah uraian pendek tentang vegetasi binaan tersebut.

A. Hutan Tanaman

Kawasan hutan di zona penyangga TNGGP seluas \pm 7.236 ha meliputi kawasan hutan Perum Perhutani dan hutan rakyat. Kawasan hutan Perum Perhutani meliputi wilayah Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Bogor seluas 1.728,20 ha, wilayah KPH Sukabumi seluas 3.718,09 ha, dan wilayah KPH Cianjur seluas 1.790,70 ha. Hutan di KPH Bogor dan KPH Cianjur adalah hutan pinus, sedangkan di KPH Sukabumi adalah hutan agathis (Kusnanto, 2000).

Hutan tanaman yang berada di zona penyangga TNGGP, yang berbatasan langsung dengan kawasan taman nasional, pada awalnya dikelola oleh Perum Perhutani sehingga dapat dijadikan sebagai pelindung bagi taman nasional untuk mencegah masuknya berbagai gangguan, seperti pengambilan kayu bakar, perladangan, atau penggembalaan ternak di dalam wilayah taman nasional. Hutan tanaman yang diusahakan Perum Perhutani dapat mendatangkan pendapatan bagi masyarakat, misalnya melalui program wanatani (*agroforestry*) sehingga masyarakat yang tidak memiliki lahan dapat bertani tanpa harus mengusik wilayah taman nasional (Arshanti, 2001). Sebagian besar kawasan hutan produksi milik Perum Perhutani di sekitar TNGGP yang diserahkan kepada Direktorat Jenderal PHKA saat itu, berubah status menjadi kawasan rehabilitasi.



Foto: H. Soedjito (2007)

Gambar 8. Hutan tanaman *Maesopsis eminii* di Bodogol.



Foto: K. Kartawinata (2005)

Gambar 9. Hutan tanaman *Altingia excelsa* di Bodogol.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

B. Kebun dan Sawah

Luas lahan pertanian di zona penyangga TNGGP meliputi sawah dan pertanian lahan kering, yang tersebar di tiga kabupaten (BKSDA 1986). Lahan yang diperuntukkan bagi kegiatan pertanian di tiga kabupaten tersebut adalah sawah dan ladang.

Kegiatan pertanian adalah sumber kehidupan dari sebagian besar penduduk yang tinggal di sekitar kawasan TNGGP dan sekitar 40% dari penduduk tersebut adalah buruh tani yang tidak mempunyai lahan garapan, sementara kepemilikan lahan rata-rata per keluarga kurang dari 0,25 ha (Kusnanto, 2000; TNGGP, 2005). Bersawah adalah kegiatan pertanian utama, tetapi sebagian penduduk juga berkebun tanaman palawija musiman (tanaman hortikultura, seperti wortel, caisin, bawang daun, terong, leunca, pakcoy, sawi, cabe merah, kacang panjang, kacang buncis, tomat, kubis, singkong, pisang, dan jagung) dan tanaman bertahunan (kelapa, kopi, buah-buahan, dan pepaya). Pertanian masyarakat desa pada umumnya bergantung kepada musim dan sumber air yang berasal dari taman nasional.



Foto: H. Soedjito (2006)

Gambar 10. Kebun palawija, sayuran, dan hutan tanaman *Altingia excelsa* di zona penyangga, serta G. Gede-Pangrango sebagai zona inti di latar belakang yang dilihat dari Lido.



Foto: H. Soedjito (2005)

Gambar 11. Kebun Campuran di Hulu Sungai Cimande dalam Zona Penyangga

Pola penggunaan lahan sawah selalu mengikuti aliran sungai sedangkan ladang terdapat di daerah yang berbatasan langsung dengan taman nasional. Pengelolaan lahan ini sangat intensif dengan pola tanam palawija (Susanti, 2003; Aliqodra, 1994).

Sawah dan ladang di Kabupaten Sukabumi memperoleh pasokan air dari TNGGP yang cukup besar karena sungai-sungai di lereng selatan G. Gede-Pangrango mempunyai debit air sekitar 100–500 liter/detik, sedangkan debit air sungai-sungai di Kabupaten Bogor dan Cianjur relatif kecil, yaitu kurang dari 10 liter/detik (TNGGP, 1995b).



Foto: H. Soedjito (2005)

Gambar 12. Sawah dan Kampung di dalam Zona Penyangga



Foto: H. Soedjito (2007)

Gambar 13. Kebun Stroberi di dalam Zona Penyangga

Buku ini tidak diperjualbelikan.

1. Perkebunan

Perkebunan dalam kawasan CBC merupakan zona penyangga TNGGP dengan luas 21.600 ha dan tersebar di tiga kabupaten yang mengelilingi TNGGP (BKSDA, 1986). Areal perkebunan yang berada di sekitar TNGGP terdiri atas perkebunan besar (negara dan swasta) dan perkebunan rakyat. Jenis tanaman yang diusahakan oleh perkebunan besar adalah teh, kopi, karet, puspa, dan rasamala, sedangkan jenis tanaman perkebunan rakyat adalah teh, sereh, kelapa, dan kopi. Perkebunan teh dalam kawasan CBC mencakup kawasan yang cukup luas dan dikelola oleh PTP VIII.

Perkebunan negara dan swasta serta perkebunan rakyat di Kabupaten Bogor pada umumnya sudah tidak produktif, seperti yang terdapat di Desa Pancawati dalam Resor Cimande (Kusnanto, 2000). Sementara itu, di Kabupaten Sukabumi, khususnya di Kecamatan Sukabumi, Kadudampit, Sukaraja, dan Cicurug, perkebunan besar mengusahakan teh, murbei, dan cengkik, sedangkan perkebunan rakyat mengusahakan jenis tanaman sayuran dan bunga (Hervianti, 2001).



Foto: K. Kartawinata (2011)

Gambar 14. Kebun teh dengan pohon pelindung *Maesopsis eminii* di Perkebunan Gunung Mas dekat Puncak.

2. Pekarangan

Lahan pekarangan milik masyarakat yang ada di kawasan TNGGP berupa kebun, ladang, dan halaman di sekitar rumah penduduk desa. Pekarangan memegang peranan penting dalam kehidupan masyarakat. Di pekarangan, masyarakat desa menanam berbagai jenis tanaman yang berguna bagi kehidupan mereka sehari-hari, seperti ubi-ubian, buah-buahan, dan sayur-mayur. Di Desa Tugu Selatan di Kabupaten Bogor misalnya, masyarakat umumnya hanya mengonsumsi buah-buahan yang dihasilkan oleh tanaman buah di pekarangan rumah, kebun, dan ladang, dan hampir tidak pernah membeli dari pasar (Andriani, 2001). Sementara itu, pekarangan di sekitar rumah dan vila milik penduduk kota tidak berfungsi sebagai lahan produktif penghasil pangan dan keperluan hidup sehari-hari melainkan sebagai taman yang ditanami tanaman hias. Pekarangan yang berupa taman ini terdapat di sepanjang jalan raya Ciawi-Puncak-Cipanas-Cianjur.



Foto: H. Soedjito (2005)

Gambar 15. Pemukiman Desa Leuwi Sapi dengan Pekarangannya serta Sawah, Kebun, dan Belukar di Sekitarnya

3. Kebun Raya Cibodas

Kebun Raya Cibodas (KRC) didirikan pada tahun 1852 oleh J.E. Teijsmann, seorang kurator Kebun Raya Bogor pada waktu itu, dengan nama *Bergtuin te Tjibodas* (Kebun Pegunungan Cibodas). Sejarah perkembangan KRC dan penelitian-penelitian botani yang dilakukan di KRC serta di hutan pegunungan di belakangnya sejak KRC berdiri sampai tahun 1950 (Steenis & Steenis-Kruseman, 1953). Pada awalnya, KRC didirikan dengan tujuan menyediakan tempat aklimatisasi jenis-jenis tumbuhan yang didatangkan dari luar negeri. Pada 1839, Teijsmann ditugasi untuk menyediakan sayur-mayur Eropa yang segar bagi Gubernur Jenderal Hindia Belanda. Ia membuat kebun percobaan di Cibodas pada tahun 1852. Di kebun ini ditanam juga pohon kina (*Cinchona*) dari Peru yang dibawa Hasskarl. Saat ini, cikal bakal kina di Indonesia tersebut masih dapat ditemukan di KRC. KRC terletak pada lereng timur laut G. Gede pada elevasi 1.300–1.425 dengan luas 125 ha. Selanjutnya, KRC dikembangkan jadi situs koleksi untuk tumbuhan asli dari daerah pegunungan serta tumbuhan eksotik dari daerah iklim sedang dan dingin.

KRC memiliki koleksi 1.934 jenis dan 9.194 spesimen tumbuhan (Muhaimin & Nurlaeni, 2018). Menurut Yudi Suhendri, Penanggung Jawab Registrasi Kebun Raya Cibodas (Komunikasi Pribadi, Februari 2021), koleksi ini terdiri atas Koleksi Kebun: 166 suku, 730 marga, 1.543 jenis, 8.495 spesimen; Koleksi Tematik Luar Ruangan (*Indoor*): (1) *Anggrek*: 1 suku, 55 marga, 139 jenis, 797 spesimen; (2) *Kaktus*: 1 suku, 34 marga, 80 jenis, 845 spesimen; (3) *Sukulen*: 16 suku, 41 marga, 68 jenis, 1.267 spesimen; (4) *Nepenthes*: 1 suku, 1 marga, 13 jenis, 30 spesimen; Koleksi Tematik Luar Ruangan (*Outdoor*): (1) *Gesneriaceae*: 1 suku, 6 marga, 16 jenis, 61 spesimen; (2) *Paku-pakuan*: 27 suku, 56 marga, 104 jenis, 219 spesimen; (3) *Obat*: Sedang dalam penataan data; (4) *Lumut*: Sedang dalam penataan data; (5) *Liana*: 28 suku, 42 marga, 33 jenis, 157 spesimen; Bank Biji: 57 Suku, 92 Marga, 120 Jenis, 158 spesimen; Herbarium dan Museum Biji: (1) *Herbarium kebun*: 162 suku, 502 marga, 1.399 jenis, 7.584 spesimen; (2) *Herbarium hutan*: 189 suku, 751 marga, 1.365 jenis, 4.011 spesimen; (3) *Herbarium basah*: 69 suku, 152 marga, 263 jenis, 380 spesimen;

(4) *Herbarium lumut*: 23 suku, 32 marga, 23 jenis, 45 spesimen; (5) *Museum Biji*: 162 suku, 481 marga, 831 jenis, 891 nomor koleksi.

Koleksi tematik di luar ruangan terdiri antara lain atas jenis pohon yang spektakuler, termasuk jenis introduksi dari Australia, seperti *Araucaria bidwilli* dan berbagai jenis *Eucalyptus*, serta jenis pohon asli Jawa, seperti *Altingia excelsa* dan *Castanopsis javanica* serta jenis paku pohon, termasuk *Dicksonia blumei* dan *Cyathea contaminans*. *Castanopsis javanica* atau saninten dapat dikembangkan menjadi produk khas Cagar Biosfer Cibodas sehingga perlu langkah-langkah perbanyak tanaman hingga pasca panen dan pemasarannya dengan melibatkan masyarakat.

Dalam penelitian botani, KRC mempunyai arti yang sangat penting karena kebun ini terikat erat dengan sejarah dan penelitian tentang tumbuhan pegunungan. Pada tahun 1870-an, R.H.C. Scheffer, Direktur Kebun Raya Bogor pada waktu itu, mengembangkan KRC dengan rancangan yang mendekati bentuknya yang sekarang dan pada tahun 1900-an Koorders dengan teliti mencatat letak dan memberi nomor serta nama pohon-pohon yang terdapat dalam KRC. Hingga saat ini penelitian terus dilaksanakan, termasuk yang terkait dengan isu global, yaitu perubahan iklim. Penelitian yang telah dan masih dilakukan oleh tim peneliti KRC, baik yang dilaksanakan internal maupun yang dikerjakan bersama dengan tim lembaga lain, termasuk dengan tim Balai Besar TNGGP, antara lain:

- a) Upaya peningkatan kualitas tanaman kayu dan buah serta evaluasi dampak *agroforestry* terhadap masyarakat di Nagrak-Sukabumi.
- b) Seleksi dan evaluasi jenis-jenis pohon lokal yang berpotensi tinggi dalam sekuestrasi karbon pada kawasan Dataran Tinggi Basah (DTB).
- c) Domestikasi *Rubus* spp. sebagai tanaman buah di kawasan TNGGP.
- d) Eksplorasi stok karbon dan estimasi biomassa pada beberapa tipe ekosistem di Cagar Biosfer Cibodas.

- e) Studi ekologi dan kajian suksesi hutan di kawasan Kebun Raya Cibodas dalam rangka restorasi ekologi.
- f) Studi tumbuhan invasif (*invasive alien species*) di kawasan TNGGP.
- g) Tumbuhan obat di Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango (yang dilakukan BB TNGGP dan BPPT)

KRC membuat petak permanen untuk penelitian dan peman-tauan jangka panjang (Mutaqien & Zuhri, 2011). Hasil penelitian yang telah diterbitkan antara lain mengenai perubahan komposisi pohon dan struktur vegetasi di kawasan inti Cagar Biosfer Cibodas (Zuhri & Mutaqien, 2011), pertumbuhan awal tumbuhan asli di lahan yang direstorasi di area inti Cagar Bosfer Cibodas (Rahman dkk., 2011), stok karbon dan estimasi biomassa di Cagar Biosfer Cibodas (Widyatmoko dkk., 2011; Widyatmoko dkk., 2013; Astutik, 2013), serta penyebaran jenis bukan asli (*non native*) yang terdapat dalam koleksi KRC di zona inti Cagar Biosfer Cibodas (Zuhri & Mutaqien, 2013).



Foto: H. Soedjito (2006)

Gambar 16. Berbagai jenis tumbuhan eksotik dan asli di KRC



Foto: H. Soedjito (2006)

Gambar 17. *Araucaria bidwillii* asal Australia di KRC

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BAB V

FAUNA DAN FLORA

A. Fauna

Dalam uraian tentang fauna, tidak dibuat analisis dan koreksi nama-nama ilmiah kekinian, tetapi disajikan seperti yang ditulis oleh penulis artikel. Ario dkk. (2010a) menulis bahwa TNGGP merupakan habitat bagi satwa liar. Di TNGGP tercatat 109 jenis mamalia, 260 jenis burung (termasuk elang Jawa atau *Spizaetus bartelsi*, yang langka dan endemik), 11 jenis reptilia, dan 10 jenis amfibi. Dalam kawasan TNGGP terdapat lima jenis primata, yaitu lutung hitam (*Trachypithecus auratus*), monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*), surili (*Presbytis comata*), kukang jawa (*Nycticebus javanicus*), dan owa Jawa (*Hylobates moloch*), yang termasuk jenis langka dan dilindungi. Satwa liar lainnya antara lain adalah anjing hutan (*Cuon alpinus javanicus*), babi hutan (*Sus scrofa*), kijang (*Muntiacus muntjak*), kucing hutan (*Prionailurus bengalensis*), dan macan tutul (*Panthera pardus*).

Data dan informasi tentang fauna di G. Gede–Pangrango sebelum tahun 1950 tidak banyak dan di antaranya dapat ditemukan dalam Koningsberger (1907), yang mencatat koleksi Wallace pada tahun 1862, Robinson dan Kloss (1924), Delsman (1926, 1927, 1928), Dammerman (1929), Docters van Leeuwen (1926, 1933), dan Hoogerwerf (1949). Sejak itu keadaan di lapangan sudah berubah sehingga mungkin sekali banyak jenis hewan yang sudah menjadi

jarang, langka, bahkan punah, dan ada juga spesies yang berubah nama. Sejak Andrew (1985) memperbarui daftar jenis burung dengan penerbitan daftar beranotasi jenis-jenis burung TNGGP, berbagai penelitian banyak dilakukan di TNGGP, terutama mengenai jenis primata langka owa Jawa (*Hylobates moloch*).

Junghuhn (1853) adalah orang Eropa pertama yang mendaki G. Pangrango, dan di daerah puncak G. Gede-Pangrango, ia tidak mendengar suara-suara burung dan serangga seperti di daerah pegunungan bawah. Ia melihat kehadiran badak di dekat puncak G. Pangrango, dan tempat tersebut dikenal dengan nama Kandang Badak.

Uraian pendek masa lalu tentang kehidupan satwa yang menarik sepanjang jalur pendakian dari KRC sampai ke Kandang Badak dibuat Dammerman (1929), sebagai petunjuk untuk kunjungan lapangan para peserta Fourth Pacific Science Congress tahun 1929. Petunjuk ini dilengkapi dengan daftar spesies mamalia (43), burung (128), reptilia (21), dan amfibia (21). Ia mengemukakan bahwa di KRC dapat dilihat burung-burung *Acridotheres javanicus*, *Buchanga cinerea*, *Collocalia linchi*, *Cuculus polyocephalus*, *Cacomantis merulinus*, *Cacomantis merulinus*, *Halcyone chloris*, *Lanius schach bentet*, *Lonchura leucogastroides*, *Pycnonotus bimaculatus*, *Pycnonotus aurigaster*, dan *Sturnusopastor jallacontra*. Dalam hutan di belakang KRC sampai ke air terjun Cibeureum, ia mencatat kehadiran tando/kubung (*flying lemur*) *Cynocephalus variegatus*, kera (*Macaca fascicularis*), lutung (*Trachypithecus auratis*), owa Jawa (*Hylobates moloch*) dan mamalia kecil, seperti bajing tanah (*Lariscus insignis*), tupai/kekes (*Tupaia javanica*), jelarang terbang (*Petaurista petaurista*), dan tupai tanah (*Hylomys suillus*). Di daerah ini tercatat juga burung-burung *Apalharpactes reinwardti*, *Arborophila javanica*, *Brachypterix montana*, *Bhringa remifer*, *Sitta azurea*, *Cissa thalassina*, *Megalaima armilaris*, *Megalaima corvina*, *Garrulax rufifrons*, *Enicurus leschenaulti*, *Rhipidura javanica*, *Rhipidura phoenicura*, dan *Xantholaema rosea*. Selain itu juga ada kupu-kupu (*Amnaosia decora*), *Papilio arjuna* (*gedeensis*), *Precis ida*, dan *Vaanessa cardui*, serta lebah desus *Bombus rufipes*. Di daerah Kandang Badak tercatat bu-



rung-burung *Brachypterix montana*, *Collocalia vulcanorum*, *Cyornis banyumas*, *Macropygia unchall*, *Muscicarpa hyperythra*, *Phalinopus aroseicollis*, *Turdus poliocephalus*, dan *Lophozosterops javanicus*.

Uraian yang lebih lengkap dibuat oleh Docters van Leeuwen (1933) yang memperkuat pengamatan Junghuhn (1853) bahwa fauna di daerah puncak G. Gede-Pangrango miskin, sebanding dengan floranya yang miskin juga. Ia mengemukakan bahwa di kawasan hutan cukup banyak terdapat jenis-jenis mamalia. Di hutan Cibodas, owa Jawa (*Hylobates moloch*) tidak jarang terdapat di bagian hutan primer yang lebat sampai di Kandang Badak. Ketidakhadirannya pada elevasi yang lebih tinggi bukan karena pakan kurang, melainkan keamanan yang tidak mendukung, seperti vegetasi yang lebih terbuka. Sementara itu, dua jenis lutung *Presbytis cristata* dan *Presbytis comata* hanya terdapat di hutan lebat pada elevasi di bawah 1.800 m. Rusa atau menjangan *Cervus timorensis* dan kijang atau muncak *Muntiacus muntjak* menyebar sampai ke puncak G. Pangrango meskipun jarang. Dua jenis babi hutan *Sus verrucosus* dan *Sus scrofa* seperti yang disebut Dammerman (1929) banyak ditemukan di daerah pegunungan tetapi tidak jelas spesies mana yang menyebar sampai ke puncak. Macan kumbang atau macan tutul, *Panthera pardus*, dilaporkan terdapat di sini sampai ke puncak Pangrango karena mangsanya, seperti babi hutan, monyet, dan rusa cukup tersedia. Sigung *Mydaus javanensis*, banyak terdapat dari Cibodas sampai ke puncak Pangrango, meskipun tidak mudah untuk menemukannya karena hidupnya nokturnal. Tikus-pohon (*Niviventer lepturus*) juga menghuni hutan sampai ke puncak Pangrango dan hewan ini adalah pemanjat seperti dapat ditemukan pada cabang *Vaccinium varingiaefolium* untuk mengambil buah yang jadi pakan utamanya.

Menurut Docters van Leeuwen (1933), di daerah puncak, serangga relatif miskin. Selain *Diptera* yang diwakili oleh banyak spesies, kelompok lain diwakili hanya oleh beberapa spesies saja. *Coleoptera* dan *Libellulidae* langka. *Hymenoptera* dan *Lepidoptera* hanya terdapat dalam jumlah kecil. *Hemiptera-Heteroptera* yang diwakili oleh spesies *Nysius* terdapat dalam perbungaan *Anaphalis javanica* sedangkan spesies *Sastraga* dan *Adinatia* ditemukan dalam



semak-semak dari *Hemiptera-Homoptera*, *Psyllidae* banyak ditemukan dalam semak-semak. *Thysanoptera* di puncak hanya diwakili oleh beberapa spesies yang hidup dalam berbagai macam bunga, termasuk *Anaphalis javanica*, *Dichrocephala chrysanthemifolia*, *Hypericum leschenaultii*, *Myriactis nepalensis*, *Polygonum chinense*, dan *Swertia javanica*. Di puncak *Lepidoptera* terutama diwakili oleh kupu-kupu. Berbagai spesies *Lycaenidae* hadir di puncak termasuk spesies *Dodona*. Spesies lain adalah *Arcta coerulea*, *Danais albata*, dan *Vanessa canace javanica*. Tidak banyak spesies *Hymenoptera* yang terdapat di puncak, antara lain adalah *Apis indica*, *Bombus rufipes*, dan *Vespa velutina*. Dari *Diptera* spesies yang dapat ditemukan antara lain adalah *Chamaesyrrhus nigripes*, *Eristalus bicornutus*, *Megaspis chrysopygus*, *Megaspis zonalis*, *Pegomyia bistrinata*, *Sevillia flavopillosa*, *Syrphus confracter*, *Syrphus koningsbergeri*, *Syrphus serarius*, *Syrphus serarioides*, *Syrphus latistigratus*, dan banyak lagi. Ia menguraikan tentang kehidupan serangga secara rinci dalam bab penyerbukan dan pemencaran biji serta membuat daftar jenis tumbuhan dengan hewan pengunjunnya dan daftar jenis hewan pengunjung bunga. Kehidupan dan keanekaragaman serangga di hutan pegunungan di bawah elevasi 2.400 m tidak banyak diketahui, kecuali catatan singkat yang dibuat Dammerman (1929) seperti dikemukakan di atas. Dammerman (1925) mengatakan, selain serangga, ia juga mencatat dalam serasah dan bantalan lumut fauna tanah yang berupa *Aptera*, *Oniscoidea*, *Myriapoda*, dan *Arachnoidea*. Sementara itu, Van Benthem Jutting (dikutip Docters van Leeuwen, 1933) melaporkan kehadiran moluska dalam bantalan lumut *Diplomuratina* sp., *Clausilia* sp., *Parmarion* sp., *Lamprocysti* sp. dan *Carychium javanum* pada elevasi 2.400–2.900 mdpl.

Avifauna kawasan G. Gede-Pangrango telah terdokumentasi dengan baik, terutama oleh Hoogerwerf (1949). Menurut Andrews (1958), sebelumnya Koningsberger (1907) menerbitkan catatan-catatan hasil kunjungan Wallace tahun 1862. Kemudian disusul oleh Robinson dan Kloss (1924), Delsman (1926–1928), Docters van Leeuwen (1926, 1933), dan Dammerman (1929), yang merekam 126 jenis dalam sebuah daftar (*checklist*).

Docters Van Leeuwen (1933) mempertelakan aneka spesies burung di berbagai bagian vegetasi di G. Gede-Pangrango, terutama di daerah puncak dan sekitarnya. Dikemukakan bahwa tidak banyak burung yang hidup di puncak gunung ini. Beberapa spesies hidup di sekitar Kandang Badak, tetapi jarang atau tidak ada pada elevasi yang lebih tinggi, seperti *Brachypteryx leucophryis*, *Crocias guttatus albonotatus*, *Pomatorhinus montanus*, *Pycnonotus bimaculatus*, *Rhipidura phoenicura*. *Dicaeum trochileum* cukup banyak di hutan sekitar Kandang Badak, tetapi lebih jarang pada elevasi lebih tinggi. Di puncak Pangrango dapat ditemukan *Gallus gallus bankiva* dan *Arborophila javanica*. *Macropygia unchall* dapat ditemukan di hutan sekitar puncak tetapi yang lebih umum adalah *Sphenurus treron sphenura*, yang memakan buah-buahan berdaging berbagai spesies pohon dan berperan sebagai pemencar biji. Burung walet *Collocalia brevirostris vulcanorum* bersarang pada celah-celah lereng terjal kawah di G. Gede dan kadang-kadang terbang juga ke puncak Pangrango, sementara walet sejati atau *Hirundo rustica guttularis*, yang merupakan burung migran, kadang-kadang terbang sampai ke puncak. Yang paling umum adalah burung anis gunung atau *Turdus javanicus fumidus*, burung besar, cantik dan jinak, yang pada siang hari dapat dilihat hinggap di pohon-pohon yang buahnya jadi pakuannya. Burung ini bersarang pada cagak rumpun-rumpun *Anaphalis javanica*. Burung madu gunung atau *Aethopyga eximia* yang hidup di elevasi tinggi adalah pengunjung bunga-bunga dan mencari buah-buah sebagai pakan dari spesies *Rhododendron retusum*, *Lonicera javanica*, dan *Rubus lineatus*. Burung kacamata, *Lophozosterops fallax javanicus*, juga bersarang pada rumpun-rumpun *Anaphalis javanica* dan pakannya adalah buah *Vaccinium*.

Hoogerwerf (1949) mempertelakan 191 jenis burung di Kebun Raya Cibodas dan sekitarnya, termasuk Cagar Alam Cibodas-Gunung Gede bagian timur laut, yang sekarang merupakan bagian dari TNGGP. Habitatnya meliputi hutan pegunungan bawah, hutan pegunungan atas, hutan subalpin, semak, dan padang rumput subalpin pada elevasi 1.300–3.020 mdpl. Di Kebun Raya Cibodas dan tepian sekitarnya, ia mencatat 20 jenis yang biasa sering ditemukan, yaitu *Aethopyga eximia*, *Alcippe poioicephala pyrrhoptera*, *Bhringa remifer*

remifer, *Culcicappa ceylonensis perenocara*, *Cupsiusurus parvus infumatus*, *Dicrurus leucophaeus leucophaeus*, *Garullax rufifrons rufifrons*, *Macropygia unchal unchall*, *Megalaena amirallis amillaris*, *Megalaena corvina*, *Microscelis virescens virescens*, *Muscicarpa hyperhtra vulcani*, *Muscicarpa indigo indigo*, *Pnoepyga pasilla rufa*, *Pomatorrhinus montanus montanus*, *Psaltria exilis*, *Pycnonotus bimaculatus barat*, *Rhipidura phoenicura*, *Tesia superciliaris*, dan *Zosterops palpebrosa*.

Andrew (1985) memperbarui kehadiran berbagai jenis burung di TNGGP dan membuat daftar beranotasi (*annotated checklist*) untuk 161 jenis. Daftar beranotasi ini ditulis berdasarkan (1) koleksi Robinson dan Kloss sebanyak 101 jenis, (2) koleksi spesimen di Museum Zoologi Bogor, dan (3) 162 dari 191 jenis yang dipertelakan Hoogerwerf (1949). Ia mencatat bahwa ada beberapa spesies yang dulu biasa terdapat tetapi sekarang tampaknya sudah menjadi jenis langka, yaitu *Treron oxyura*, *Centropus sinensis*, *Chalcophaps indica*, *Coracina fimbriata*, *Megalaima australis*, *Picus mentalis*, dan *Zoothera citrina*. Diperkirakan tidak satu pun dari jenis-jenis ini biasa terdapat pada elevasi ini, tetapi karena hutan pamah dan hutan bukit sudah jarang di Jawa, hutan pegunungan di G. Gede-Pangrango merupakan tempat pengungsian (*refuge*). Penambahan jenis (*recruitment*) masih mungkin terjadi sebagai akibat pelarian dari hutan pegunungan bawah yang rusak dan menjadi lahan pertanian di lereng barat dan selatan G. Pangrango. Ia menambahkan empat jenis ke daftar Hoogerwerf (1949). Jenis sikep madu atau *honey buzzard* (*Pernis ptilorhynchus*) dan hingklik atau *barred-eagle owl* (*Bubo sumatrana*) hampir pasti terdapat di lereng bawah G. Gede. Burung remetek atau *flyeater* (*Gerygone sulphurea*) hadir pada elevasi 1.500 m. Ia berpendapat bahwa bila jenis *Bradypterus* sp. yang terdapat di kawah G. Gede dapat dipastikan sebagai jenis *Bradypterus montis* maka TNGGP mengandung semua jenis endemik pegunungan Jawa. Informasi tambahan masih diperlukan tentang sebaran dalam TNGGP, terutama pergerakan musiman, diurnal, dan menurut elevasi. Beberapa jenis burung daerah hutan pamah dan burung di tepi hutan (*forest edge*) akhir-akhir ini tidak pernah tercatat lagi, yaitu *Aethopygia mystacalis*, *Buceros rhinoceros*, *Cocomantes sonneratii*,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Cuculus micropterus, *Macropigya phasianella*, *Myophonus caeruleus*, *Phoenicurus curvirostris*, *Pitta guajan*, dan *Tephrodornis virgatus*.

Dalam surveinya tentang burung pemangsa (*raptors*) di Jawa, Thiollay dan Meyburg (1988) menemukan bahwa elang ular *Spilornis cheela* merupakan burung yang menonjol di hutan sekunder, tempat terbuka, semak, dan perkebunan, tetapi di G. Gede hidup di hutan primer sampai elevasi lebih dari 2400 mdpl. Demikian pula elang brontok, *Spizaetus cirrhatu limnaetus*, yang merupakan burung hutan sekunder, tepi hutan primer, dan hutan terbuka terdapat juga di perkebunan teh di G. Gede. Elang Jawa *Spizaetus bartelsi* merupakan jenis endemik Jawa yang terancam punah dan tidak banyak diketahui. Sebaran jenis ini diperkirakan terbatas di Jawa Barat. Di tempat lain jarang sekali terlihat, tetapi populasi kecil masih dapat ditemukan di bagian barat laut G. Gede-Pangrango, Alap-alap capung, *Microhierax fringillarius*, biasanya ditemukan hanya di daerah pamah dan lebih menyukai hutan kering, tetapi ditemukan juga di G. Pangrango pada elevasi 1.300 mdpl. Jenis-jenis lain yang ditemukan di G. Gede-Pangrango adalah elang jambul garis dagu, *Accipiter trivirgatus*, elang hitam *Ictinaetus malayensis*, dan alap-alap sapi *Falco moluccensis*. Meskipun elang Jawa merupakan salah satu jenis elang yang sangat langka di dunia dan terancam kepunahan oleh kerusakan habitatnya, jenis ini tidak pernah tercatat dalam IUCN/ICBP Bird Red Data Book (Meyburg dkk., 1989; Balen dkk., 1999).

Putra, dkk. (2020) meneliti kawanan campuran burung pemangsa serangga (*mixed flock of insectivorous birds*) dalam transek antara 1.600 mdpl dan 2.400 mdpl di Resort Gunung Putri, TNGGP. Mereka menemukan lima kawanan pada elevasi antara 2.000 mdpl dan 2.300 mdpl. Jumlah ini menurun dibandingkan hasil riset sebelumnya di lokasi yang sama. *Sitta azurea*, *Zosterops montanus*, dan *Ficedula westermanni* dominan dan selalu merupakan anggota setiap kawanan. *Dicrurus leucophaeus* dan *Dicrurus remifer* merupakan pemimpin dari kawanan tersebut. Spesies yang terekam dalam kawanan ini adalah *Culicicapa ceylonensis*, *Dicrurus leucophaeus*, *Dicrurus remifer*, *Ficedula westermanni*, *Phylloscopus trivirgatus*,

Pteruthius aenobarbus, *Pteruthius flaviscapis*, *Sitta azurea*, dan *Zosterops montanus*.

Mengenai primata di Jawa, Nijman (2013) berpendapat bahwa pola sebaran lima jenis primata di Jawa ditentukan oleh fragmentasi hutan yang dahsyat dan iklim, terutama curah hujan yang berpengaruh terhadap tipe hutan. Tiga di antara jenis-jenis primata ini endemik di Jawa, yaitu owa Jawa (*Hylobates moloch*), surili (*Presbytis comata*), dan kukang (*Nycticebus javanicus*). Basalamah dkk. (2010) mengemukakan bahwa jenis-jenis satwa primata di kawasan G. Gede-Pangrango yang dilindungi IUCN memiliki status endemik dan rentan punah (*critically endangered*) adalah owa Jawa (*Hylobates moloch*) dan surili (*Presbytis comata*). Jenis lain yang tergolong berstatus rentan adalah lutung Jawa (*Trachypithecus auratus*) dan kukang (*Nycticebus javanicus*). Jenis primata lain yang belum dimasukkan sebagai satwa primata dilindungi oleh Pemerintah Republik Indonesia di kawasan ini adalah monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*). Pusat Pendidikan Konservasi Alam Bodogol (PKAB) merupakan habitat empat jenis satwa primata tersebut yang hidup di Pulau Jawa. Kepadatan populasi primata di kawasan Bodogol berfluktuasi yang diperkirakan terkait dengan jumlah pengunjung wisata dan perubahan kondisi habitat.

Studi antara 1994 dan 2002 di Gede-Pangrango, Nijman (2004) menemukan bahwa jumlah individu owa Jawa (*Hylobates moloch*) adalah sekitar 4.000–4.500 dan hanya terdapat di hutan pamah utuh, yang secara floristik kaya, sampai hutan pegunungan pada elevasi 1.600 m, tetapi Docters van Leeuwen (1926) mencatat sampai elevasi 2.000–2.400 mdpl. Taksiran populasi sekitar 50 pada elevasi 500–3.019 mdpl. Ia merekomendasikan untuk mengubah status konservasi menjadi rentan atau *Endangered* (2001-criteria A2[c]).

Telah banyak penelitian yang intensif tentang owa Jawa di TNGGP, termasuk penelitian yang dikoordinasikan oleh Conservation International Indonesia. Buku yang berjudul *Owa Jawa di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango* (Ario dkk., 2010b) memuat kumpulan hasil-hasil penelitian ilmiah tersebut, yang mencakup hasil penelitian di habitat alami dalam kawasan TNGP dan hasil pe-

nelitian tentang rehabilitasi di Pusat Penyelamatan dan Rehabilitasi Owa Jawa (*Javan Gibbon Center/JGC*). Penelitian owa Jawa di alam mencakup aktivitas harian, pemantauan, penggunaan habitat dan perilaku kelompok di hutan rasamala, pembinaan habitat, pengaruh pengunjung, populasi, analisis vegetasi, estimasi kepadatan dan penyebaran, variasi pola pakan, pemilihan pakan alami dan kandungan nutrisi, kelimpahan pohon pakan, dan identifikasi parasit. Sementara itu, penelitian di Pusat Penyelamatan dan Rehabilitasi meliputi perilaku harian, perkembangan perilaku, proses pembelajaran, pemilihan pakan alami, kandungan nutrisi pakan, proses pembelajaran, identifikasi parasit, dsb. Penelitian tentang berbagai aspek tingkah laku owa Jawa telah banyak dilakukan di TNGGP antara lain oleh Arifin (2007), Ario (2011), Fatimah (2012), Febrissa (2016), Fithriyani (2007), Iskandar (2007), Kartono dkk. (2002), dan Kurniawati (2009). Program rehabilitasi owa Jawa juga menjadi perhatian Conservation International dan hasil studi sebagai pertimbangan dan persyaratan serta pedoman sebelum pelepasan ke alam liar diuraikan dalam Ario dkk. (2019).

Dari hasil inventarisasinya di Resort Bodogol dan Resort Selabintana pada April hingga Mei 2002, BTNGGP (2010) mencatat bahwa owa Jawa di Resort Bodogol sebanyak 32 ekor dengan nilai kepadatan populasi 0,551 ekor/ha. Owa Jawa di Bodogol tergolong dalam 17 kelompok dengan ukuran kelompok 1,9 ekor/kelompok. Di kawasan ini konsentrasi kepadatan berada di Blok Cisuren dan Pasir Buntung. Di Resort Selabintana direkam sebanyak 32 ekor dengan kepadatan populasi 0,497 ekor/ha, yang tergolong dalam 11 kelompok owa Jawa dengan ukuran kelompok 2,4 ekor/ha. Di kawasan Selabintana konsentrasi kepadatan terdapat di blok Cibereum dan Cigeber. Rata-rata owa Jawa berada di Resort ketinggian 16–35 m. Struktur vegetasi di Bodogol lebih tinggi daripada di Selabintana. Secara umum, karakteristik habitat owa Jawa berupa hutan primer yang belum terganggu pada elevasi 750–2100 mdpl dengan topografi curam dan jauh dari aktivitas manusia, termasuk kegiatan pertanian, perkebunan, dan wisata alam.

Hasil penelitian Raharjo (2010) di Resort Bodogol menunjukkan bahwa kepadatan populasi owa Jawa dan kepadatan kelompok di



hutan primer, yang didominasi oleh *Podocarpus imbricatus*, *Schima wallichii*, *Engelhardtia spicata*, dan *Castanopsis javanica*, adalah 12,7 individu/km² dan 4,5 kelompok/km², sedangkan di hutan tanaman rasamala (*Altingia excelsa*) yang berumur 41–76 tahun, adalah 9,3 individu/km² dan 2,7 kelompok/km². Tujuh kelompok tercatat di hutan primer dengan kisaran ukuran kelompok 2–4 individu dan di hutan tanaman hanya tercatat satu kelompok yang terdiri atas 4 individu. Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil studi BTNGGP (2010), hal ini disebabkan oleh metode dan waktu penelitian luas kawasan yang tercakup.

Penelaahan Suheri dkk. (2014) menunjukkan bahwa di TNGGP owa Jawa tersebar di tujuh lokasi, yaitu Cibodas, Gunungputri, Selabintana, Situgunung, Cimungkat, Bodogol, dan Cisarua, habitat dengan derajat kecocokan menengah dan tinggi sebagian besar ada di bagian barat yang termasuk Kabupaten Bogor dan Sukabumi. Sementara itu, lokasi di Kabupaten Cianjur terletak pada elevasi di atas 1.750 mdpl yang tidak cocok untuk owa Jawa. Kategori kecocokan habitat (*habitat suitability*) mencakup 17,15% (3.918 ha) dengan derajat tertinggi, 38,61% (8.823 ha) dengan derajat menengah dan 44,24% (10.110 ha) dengan derajat terendah. Dengan demikian sebagian besar kawasan TNGGP tidak cocok sebagai habitat owa Jawa. Tujuh lokasi yang disebut di atas merupakan habitat inti untuk owa Jawa, yang terfragmentasi sehingga diperlukan koridor. Tujuh lokasi koridor telah diidentifikasi yang mempunyai potensi untuk menghubungkan beberapa habitat owa Jawa yang terfragmentasi di daerah Selabintana, Gedeh, Sarongge, Gunungputri, dan Cibodas. Disarankan untuk segera dibuat program restorasi untuk memperbaiki habitat owa Jawa di TNGGP, melalui restorasi vegetasi di semua kawasan terutama di kawasan Kabupaten Cianjur. Restorasi hendaknya mencakup vegetasi yang dapat menyediakan pakan dan perlindungan (*shelter*) karena owa Jawa adalah jenis hewan yang hidup di pohon (*arboreal species*) dan *frugivorous*. Mereka senang hidup pada pohon tinggi sekitar 20–25 m (Nijman, 2004), yang berdiameter 27–130 cm dengan kerapatan 100 pohon per ha (Kadhafi, 2011).

Surili (*Presbytis comata*) yang endemik di Jawa ditemukan di hutan pegunungan atas di G. Pangrango pada elevasi 2.600 mdpl, tetapi secara keseluruhan surili lebih banyak hidup di hutan pamah sampai hutan pegunungan (Nijman, 1997). Docters van Leeuwen (1926, 1933) melaporkan lutung Jawa (*Trachypithecus auratus*) terdapat di bagian atas gunung dengan elevasi 2.400 mdpl.

Selama ini kehadiran macan tutul di TNGGP direkam berdasarkan temuan jejak berupa tapak kaki, kotoran, sisa makanan, air seni (*urine*), dan cakaran di pohon. Metode ini diperbaiki dengan penggunaan kamera jebakan (*camera trap*) yang diterapkan oleh Ario dkk. (2018) untuk penelitian bukan hanya kehadiran tetapi juga dinamika populasi dan ekologi macan tutul di lokasi penelitian seluas 32 km² di Bodogol. Dari 2002–2017 tercatat perubahan jumlah individu dari 3 individu pada 2002–2005 menjadi 6 individu pada 2016–2017 dan perubahan ini disebabkan oleh kematian dan kelahiran. Jumlah total individu di TNGGP diperkirakan sebanyak 20–25 ekor, yang tersebar dari elevasi 700–2.000 mdpl (Ario dkk., 2009). Macan tutul terdaftar dalam IUCN Red List sebagai jenis terancam kepunahan (Ario dkk., 2008).

Demos dkk. (2017) menemukan jenis baru, yaitu cecurut hantu atau *Javan ghost shrew* (*Crocidura umbra*), sebuah jenis mamalia dari suku Soricidae. Jenis ini endemik di Jawa, yang hanya ditemukan di Gunung Gede pada elevasi 1.611 dan 1.950 mdpl. Habitat aslinya adalah hutan hujan pegunungan, jenis ini mempunyai sebaran yang terbatas dan terancam oleh kehilangan habitat.

Duckworth dkk.(2008) mengamati satwa teledu Jawa (*Melogale orientalis*) di TNGGP dan mengatakan bahwa publikasi tentang status ekologi dan konservasi teledu Jawa masih sangat sedikit. Mereka menemukan bahwa teledu Jawa ini biasa hidup dekat dengan manusia seperti yang mereka amati bahwa beberapa ekor teledu mencari makan di beberapa tempat piknik di sepanjang jalur wisata di TNGGP. Cara hidup seperti ini tampaknya merupakan pola perilaku tetap di kawasan konservasi ini.

Kurniati (2002) dan Kusriani (2007) menyatakan bahwa secara umum di hutan TNGGP terdapat 23 jenis amfibi. Penemuan ini me-

matahkan pendapat peneliti masa lalu, Koningsberger (1911–1915), yang membuat survei fauna di G. Gede dan mengatakan bahwa reptilia dan amfibia tidak terdapat di tempat gundul. Kusrini dkk. (2007) menyatakan bahwa jumlah total sebanyak 23 spesies ini sudah mencakup data Liem (1974), yaitu *Bufo asper*, *Bufo biporcatus*, *Bufo melanostictus*, *Fejervarya limnocharis*, *Huia masonii*, *Ichthyophis hypocyaneus*, *Leptobrachium hasselti*, *Leptophryne borbonica*, *Leptophryne cruentata*, *Limnonectes kuhlii*, *Limnonectes macrodon*, *Limnonectes microdiscus*, *Megophrys montana*, *Microhyla achatina*, *Microhyla palmipes*, *Nyctixalus margaritifera*, *Occidozyga sumatrana*, *Philautus aurifasciatus*, *Polypedates leucomystax*, *Rana chalconota*, *Rana hosii*, *Rhacophorus javanus*, dan *Rhacophorus reinwardtii*.

Penelitian amfibi yang ekstensif dilakukan oleh Kusrini dkk. (2007) sepanjang rintis (*trail*) Cibodas dari Ciwalen (1.360–1.420 mdpl) sampai alun-alun Suryakencana (2.748 mdpl) dan bukan rintis di Bodogol, Megamendung, Selabintana, dan Situgunung. Studi ini mencatat 19 jenis amfibi dan enam suku, yaitu *Bufo asper*, *Bufo melanostictus*, *Huia masonii*, *Ichthyophis hypocyaneus*, *Leptobrachium hasseltii*, *Leptophryne borbonica*, *Leptophryne cruentata*, *Limnonectes kuhlii*, *Limnonectes macrodo*, *Limnonectes microdiscus*, *Megophrys montana*, *Microhyla achatina*, *Microhyla palmipes*, *Philautus aurifasciatus*, *Polypedates leucomystax*, *Rana chalconota*, *Rana hosii*, *Rhacophorus javanus*, dan *Rhacophorus reinwardtii*. Pemantauan menunjukkan bahwa dari segi jumlah jenis tidak berubah dari data tahun 2004. Di rintis Cibodas ditemukan dua jenis endemik, yaitu *Leptophryne cruentata* dan *Rhacophorus javanus*. *Leptophryne cruentata* endemik di G. Gede-Pangrango dan hanya ditemukan di Cibeureum dan Rawa Denok di rintis Cibodas, sedangkan sebaran *Rhacophorus javanus* mencakup P. Jawa (Iskandar, 1988) dan di G. Gede-Pangrango ditemukan di hutan rintis Cibodas sampai ke Rawa Denok dan di hutan luar rintis, kecuali Megamendung. Kusrini (komunikasi pribadi, 2021) mengabarkan bahwa nama ilmiah yang benar untuk *Rhacophorus javanus* adalah *Rhacophorus margaritifera*.

Dendang (2009) membuat survei kupu-kupu di Resort Selabintana dengan topografi lereng dan lembah dan mencatat 16 jenis



kupu-kupu, yaitu *Cyrestis lutea*, *Delias belisama*, *Euploea eucosticto*, *Faunis canens*, *Gandaca harina*, *Graphium sarpedon*, *Lethe confusa*, *Melanitis leda*, *Moorema* sp., *Papilio helanus*, *Papilio memmnon*, *Papilio paris*, *Prioneris autothisce*, *Rhinopalpa polynice*, *Shymbrenthia lilaea*, dan *Stibochiona coresi*. Keanekaragaman jenis yang tinggi terdapat pada elevasi 1.200 m dengan lokasi terbuka. Namun, di puncak G. Gede-Pangrango Docters van Leeuwen (1933) mencatat hanya sedikit jenis kupu-kupu.

Kahono dan Setiadi (2007) mencatat 28 jenis kumbang tinja *scarabaeids* di hutan pegunungan TNGGP. Jumlah jenis semakin menurun pada elevasi yang semakin tinggi. Pada elevasi 500–1.000 mdpl jumlah spesies tinggi tetapi kelimpahan individunya rendah. Jenis-jenis tersebut adalah *Catarsius molossus*, *Copris agnus*, *Copris punctulatus*, *Copris synopsis*, *Onthophagus angustatu*, *Onthophagus aurifex*, *Onthophagus avoceta*, *Onthophagus dentacolis*, *Onthophagus diabolicus*, *Onthophagus dresceru*, *Onthophagus foedus*, *Onthophagus incisus*, *Onthophagus javanensis*, *Onthophagus leavis*, *Onthophagus melangensis*, *Onthophagus pacificus*, *Onthophagus pauper*, *Onthophagus rudis*, *Onthophagus* sp., *Onthophagus sumatranu*, *Onthophagus tricornis*, *Onthophagus variolaris*, *Onthophagus waterstradli*, *Paragymnopleurus maurus*, *Paragymnopleurus sparsus*, dan *Phacosoma punctatus*. Di puncak G. Gede-Pangrango, Dammerman (1925) hanya mencatat sedikit jenis dari suku *Carabidae* dan *Staphylinidae*.

Fahri dkk. (2015) menelaah *Cerambycidae* (*Coleoptera*) di Pusat Pendidikan dan Konservasi Alam Bodogol, dan mencatat jenis-jenis *Trachelophora cervicollis*, *Acalolepta rusticatrix*, *Acalolepta* sp., *Epepeotes luscus*, *Epepeotes spinosus*, *Batocera* sp., *Sybra* sp., *Ropica marmorata*, *Nyctimenius varicornis*, *Egesina albolineata*, *Pterolophia melanura*, dan *Pterolophia crassipes*.

Serangga permukaan tanah diungkapkan oleh Andrianni dkk. (2017) di empat habitat di Resort Cisarua TNGGP, yaitu 1) ladang pertanian, 2) hutan sekunder, 3) tepian sungai, dan 4) hutan primer. Di empat habitat tersebut tercatat 6 ordo, 18 famili, dan 199 individu. Ordo yang ditemukan adalah *Coleoptera*, *Orthoptera*, *Hymenoptera*, *Isoptera*, *Dermaptera*, dan *Diptera*, yang mencakup suku

Hydrophilidae, Scarabaeidae, Chrysomelidae, Ptiliidae, Staphylinidae, Eucinetidae, Carabidae, Muscidae, Drosophilla, Mycetophilidae, Sphaeroceridae, Cecidomyiidae, Dolichopodidae, Formicidae, Gryllidae, Rhinotermitidae, Anisolabididae, dan Carcinophoridae. Keane-karagaman takson tertinggi terdapat di hutan primer sedangkan yang terendah di ladang pertanian.

Ario dkk. (2020) melaporkan bahwa Conservation International Indonesia (CI Indonesia) dan TNGGP telah melaksanakan restorasi ekosistem di area perluasan seluas 300 ha di Resort Nagrak sejak tahun 2008 dengan menanam lebih dari 120.000 individu dari 8 jenis pohon asli taman nasional. Pada tahun 2018 area tersebut telah menjadi hutan kembali dan mampu menyediakan berbagai jasa ekosistem dan menjadi habitat satwa liar. Studi pendahuluan pada 2018 mencatat sebanyak 33 jenis burung. Selain itu dicatat juga kehadiran 10 jenis mamalia, yaitu macan tutul Jawa (*Panthera pardus melas*), kucing hutan (*Prionailurus bengalensis*), musang luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*), musang rase (*Viverricula indica*), garangan Jawa (*Hervestes javanicus*), kijang (*Muntiacus muntjac*), monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*), landak jawa (*Hystrix javanicus*), babi hutan (*Sus scrofa*), dan tikus liar Malaya (*Rattus tiomanicus*).

B. Flora

Dalam bab ini hanya membahas flora tumbuhan berbunga yang telah dipertelakan secara terinci oleh Sunarno dan Rugayah (1992) dan Steenis dkk. (1972, 2006). Sampai saat ini belum ada pertelaan flora paku-pakuan dan flora lumut yang khusus untuk G. Gede-Pangrango, tetapi acuan untuk paku-pakuan tersedia dalam Backer dan Posthumus (1939) dan untuk lumut dalam Fleischer (1902–1908).

Flora pegunungan tropik dan segi-segi geografinya menjadi tantangan ilmiah untuk diteliti (Steenis 1934, 1936, 1961, 1964, 1967), baik di herbarium maupun di lapangan. Hasil penelitian ini juga terwujud dalam buku *Mountain Flora of Java* (Steenis dkk., 1972, 2006) dan terjemahannya *Flora Pegunungan Jawa* (Steenis dkk., 2006).

Steenis (1930, 1932) menemukan bahwa tumbuhan pegunungan di dataran tinggi G. Papandayan yang sangat luas lebih kaya daripada di G. Gede-Pangrango, bahkan terkaya di Jawa. Dikemukakannya bahwa tempat-tempat yang paling kaya bukanlah tepat di puncak gunung atau punggung bukit, akan tetapi justru di ngarai dan daerah hutan sekitar 50–100 m di bawahnya dan juga di tempat-tempat yang jauh dari rintis-rintis yang sering dilewati orang. Diperkirakan bahwa flora G. Gede-Pangrango sudah seluruhnya teramati, tetapi ternyata di tempat-tempat seperti di atas masih ditemukan spesies tumbuhan pegunungan yang menarik (Steenis 1941, 1948, 1952). Menurut Steenis dkk. (1972, 2006) ternyata daerah rawa dan lahan terbuka dalam hutan di lereng timur G. Gede, yang terlihat dari tebing G. Gumuruh masih sama sekali belum dikenal para ahli botani. Walaupun spesies-spesies tumbuhan di G. Papandayan dikatakan lebih kaya daripada di G. Gede, tetap saja G. Gede merupakan sebuah gunung yang mengagumkan. Selain itu, KRC dengan laboratoriumnya serta pohon-pohon berlabel dalam hutan primer yang terletak di belakangnya dan sarana lain, menjadikan Cibodas sebagai pusat terbaik untuk melakukan riset tentang flora pegunungan.

1. Flora dan Elevasi

Koorders (1914) mencatat bahwa di sekitar G. Gede-Pangrango terdapat sekitar 575 spesies tumbuhan berbunga. Sesuai dengan hasil penelitiannya lebih lanjut dalam penerbitan tahun 1918–1923, jumlah spesies tumbuhan berbunga meningkat menjadi sekitar 766. Meijer (1959) menaksir jumlah jenis yang terdapat di daerah ini adalah 900 termasuk 30 jenis introduksi. Sunarno dan Rugayah (1992) mencatat dan memperlakukan 828 spesies tumbuhan berbunga dengan rinciannya menurut bentuk hidup (*life form*). Perbandingan dengan data Koorders (1914, 1918–1923) dirangkum di Tabel 4.



Tabel 4. Jumlah spesies tumbuhan berbunga di G. Gede-Pangrango menurut bentuk hidupnya.

Bentuk hidup	Jenis		
	Koorders (1914)	Koorders (1918–1923)	Sunarno & Rugayah (1992)
Pohon	165	177	178
Perdu & terna	360	476	551
Pemanjat	60	113	115
Jumlah	585	766	844

Sumber: Sunarno & Rugayah (1992)

Rekaman flora tersebut (Sunarno & Rugayah 1992; Steenis dkk., 1972, 2006) hanya meliputi tumbuhan berbunga dan hanya untuk kawasan vegetasi alami dari ketinggian 1.000 mdpl sampai puncak G. Pangrango pada elevasi 3.029 mdpl. Dari analisis data sebaran menurut elevasi diketahui bahwa hanya lima spesies yang mempunyai sebaran terbatas di puncak Pangrango, yaitu *Aphyllorchis pallida*, *Rubus ellipticus*, *Fragaria x ananassa*, *Fragaria vesca*, dan *Malus domestica*. Tiga spesies terakhir bukan spesies asli melainkan spesies yang diintroduksi ke G. Pangrango oleh Teysmann dalam percobaannya menanam buah-buahan dari Eropa. Sementara itu, hanya terdapat 15 spesies yang sebarannya terbatas di daerah sub-alpin dengan elevasi 2.400–3.000 mdpl, yaitu *Alatiliparis speculifera*, *Breynia microphylla*, *Carex verticillata*, *Cerastium fontanum* subsp. *vulgare*, *Cupressus sempervirens*, *Elaeocarpus obtusus*, *Eurya obovata*, *Gaultheria leucocarpa*, *Gaultheria nummularioides*, *Myrmechis gracilis*, *Rapanea arenis*, *Primula prolifera*, *Rhododendron citrinum*, *Rumex alpinus*, dan *Taeniophyllum glandulosum*. Satu dari 15 spesies ini, yaitu *Cupressus sempervirens*, adalah spesies introduksi dari Persia. Flora khas pegunungan dan subalpin pada elevasi 1.000–3.029 mdpl hanya terdiri atas 355 spesies. Spesies yang mempunyai sebaran sangat luas dengan elevasi 0–3.000 mdpl tercatat lima spesies (*Emilia sonchifolia*, *Leucas decemdentata*, *Pittosporum ramiflorum*, *Symplocos cochinchinensis*, dan *Vernonia arborea*), sementara spesies yang sebarannya bervariasi dan kisarannya terletak antara 0 dan 3.000 mdpl tercatat 283.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Flora untuk kawasan hutan pamah dari elevasi 700 mdpl sampai 1.000 mdpl baru terekam beberapa tahun terakhir ini saja (Ismail dkk., 2000; Helmi dkk., 2009; Sadili, 2007). Di kawasan ini tercatat 259 spesies (Tabel 5) sehingga jumlah yang sudah teridentifikasi dan terekam seluruhnya di vegetasi alami ini adalah 1.103 spesies.

Tabel 5. Daftar spesies tumbuhan berbunga di hutan pamah alami pada elevasi 800–1.000 mdpl di Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango.

Suku	Spesies
Alangiaceae	<i>Alangium javanicum</i>
Acanthaceae	<i>Peristrophe roxburghiana</i> ; <i>Pseuderanthemum acuminatissimum</i> ; <i>Rungia wightiana</i> ; <i>Straurogyne elongata</i>
Amarilydaceae	<i>Molineria capitulata</i>
Anacardiaceae	<i>Dracontomelon dao</i> ; <i>Mangifera similis</i> ; <i>Semecarpus heterophylla</i>
Annonaceae	<i>Fissistigma latifolium</i> ; <i>Goniothalamus macrophyllus</i> ; <i>Mitrephora obtusa</i> ; <i>Polyalthia lateriflora</i> ; <i>Pseuduvaria reticulata</i>
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana macrocarpa</i> ; <i>Willughbeia flavescens</i>
Araceae	<i>Anadendrum microstachyum</i> ; <i>Scindapsus cuscuaria</i>
Araliaceae	<i>Arthrophyllum javanicum</i> ; <i>Macropanax undulatus</i> ; <i>Schefflera polybotria</i>
Asclepiadaceae	<i>Dischidia punctata</i> ; <i>Hoya lacunosa</i>
Asteraceae	<i>Clibadium surinamense</i> ; <i>Chromolaena odorata</i>
Begoniaceae	<i>Begonia longifolia</i>
Bignoniaceae	<i>Radermachera gigantea</i>
Bombacaceae	<i>Neesia altissima</i>
Burseraceae	<i>Canarium denticulatum</i> ; <i>Canarium hirsutum</i> ; <i>Canarium littorale</i>
Caprifoliaceae	<i>Viburnum sambucinum</i>
Chloranthaceae	<i>Chloranthus elatior</i>
Clusiaceae	<i>Calophyllum soulattri</i> ; <i>Garcinia lateriflora</i> ; <i>Garcinia parvifolia</i>
Combretaceae	<i>Terminalia subspathulata</i>
Commelinaceae	<i>Pollia thyrsoiflora</i>
Cornaceae	<i>Mastixia pentandra</i>
Crypteroniaceae	<i>Crypteronia paniculata</i>

Suku	Spesies
Cucurbitaceae	<i>Hodgsonia macrocarpa</i>
Cyperaceae	<i>Scleria terrestris</i>
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea nummularia</i>
Dipterocarpaceae	<i>Anisoptera costata</i> ; <i>Dipterocarpus hasseltii</i> ; <i>Vatica javanica</i>
Ebenaceae	<i>Diospyros frutescens</i>
Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus serratus</i> ; <i>Sloanea javanica</i>
Euphorbiaceae	<i>Antidesma tomentosum</i> ; <i>Antidesma velutinosum</i> ; <i>Aporosa lunata</i> ; <i>Blumeodendron kurzii</i> ; <i>Blumeodendron tokbrai</i> ; <i>Bridelia glauca</i> ; <i>Croton argyrateus</i> ; <i>Galearia filiformis</i> ; <i>Macaranga glaberrima</i> ; <i>Macaranga semi-globosa</i> ; <i>Macaranga triloba</i> ; <i>Mallotus paniculatus</i> ; <i>Mallotus rufidulus</i> ; <i>Neoscortechinia kingii</i> ; <i>Homalanthus populneus</i> ; <i>Phyllanthus pulcher</i>
Fabaceae	<i>Archidendron clypearia</i> ; <i>Caesalpinia sappan</i> ; <i>Dalbergia rostrata</i> ; <i>Aganope thyrsoiflora</i> ; <i>Desmodium zonatum</i> ; <i>Milletia sericea</i>
Fagaceae	<i>Lithocarpus javensis</i>
Flacourtiaceae	<i>Flacourtia rukam</i> ; <i>Ryparosa caesia</i>
Gesneriaceae	<i>Aeschynanthus albidus</i> ; <i>Aeschynanthus volubilis</i> ; <i>Cyrtandra oblongifolia</i> ; <i>Cyrtandra sulcata</i>
Gnetaceae	<i>Gnetum cuspidatum</i>
Hanguanaceae	<i>Hanguana malayana</i>
Hypericaceae	<i>Cratoxylum sumatranum</i>
Icacinaceae	<i>Gomphandra javanica</i> ; <i>Platea excelsa</i> ; <i>Stemonurus secundiflorus</i>
Lauraceae	<i>Actinodaphne angustifolia</i> ; <i>Actinodaphne glomerata</i> ; <i>Actinodaphne procera</i> ; <i>Beilschmiedia madang</i> ; <i>Cinnamomum javanicum</i> ; <i>Cryptocarya laevigata</i> ; <i>Cryptocarya nitens</i> ; <i>Dehaasia caesia</i> ; <i>Dehaasia incrassata</i> ; <i>Endiandra rubescens</i> ; <i>Litsea elliptica</i> ; <i>Litsea ferruginea</i> ; <i>Litsea grandis</i> <i>Neolitsea cassiifolia</i>
Leeaceae	<i>Leea aculeata</i>
Liliaceae	<i>Dracaena angustifolia</i>
Lobeliaceae	<i>Lobelia zeylanica</i>
Magnoliaceae	<i>Magnolia elegans</i>
Malvaceae	<i>Talipariti simile</i>
Maranthaceae	<i>Phrynium pubinerve</i>

Suku	Spesies
Melastomataceae	<i>Astronia macrophylla</i> ; <i>Bellucia pentamera</i> ; <i>Dissochaeta gracilis</i> ; <i>Dissochaetavacillans</i> ; <i>Macrolenes muscosa</i> ; <i>Memecylon excelsum</i> ; <i>Memecylon oligoneurum</i> ; <i>Pternandra azurea</i> ; <i>Pternandra caerulescens</i>
Meliaceae	<i>Aglaia argentea</i> ; <i>Aglaia odoratissima</i> ; <i>Chisocheton patens</i> Blume; <i>Dysoxylum caulostachyum</i> ; <i>Dysoxylum densiflorum</i> ; <i>Sandoricum koetjape</i>
Menispermaceae	<i>Arcangelisia flava</i> ; <i>Diploclisia glaucescens</i> ; <i>Fibraurea tinctoria</i>
Moraceae	<i>Artocarpus elasticus</i> ; <i>Ficus callosa</i> ; <i>Ficus hispida</i> ; <i>Ficus hirta</i> ; <i>Ficus curtipes</i> ; <i>Ficus padana</i> ; <i>Ficus parieatalis</i> ; <i>Ficus pumila</i> ; <i>Ficus subulata</i> ; <i>Ficus sundaica</i> ; <i>Ficus vasculosa</i>
Myristicaceae	<i>Knema cinerea</i> ; <i>Knema intermedia</i> ; <i>Myristica iners</i>
Myrsinaceae	<i>Ardisia crispa</i> ; <i>Ardisia macrophylla</i> ; <i>Ardisia zollingeri</i> .; <i>Embelia javanica</i> ; <i>Marantodes pumilum</i>
Myrtaceae	<i>Syzygium chloranthum</i> ; <i>Syzygium racemosum</i>
Oleaceae	<i>Myxopyrum nervosum</i>
Opiliaceae	<i>Lepionurus sylvestris</i>
Orchidaceae	<i>Acriopsis liliifolia</i> ; <i>Agrostophyllum laxum</i> ; <i>Agrostophyllum tenue</i> ; <i>Bulbophyllum alliifolium</i> ; <i>Ceratostylis gracilis</i> ; <i>Cleisostoma javanicum</i> ; <i>Cleisostoma montanum</i> ; <i>Coelogyne incrassata</i> ; <i>Cryptostylis javanica</i> ; <i>Dendrobium aloifolium</i> ; <i>Dendrobium spathilingue</i> ; <i>Dendrobium tenellum</i> <i>Dipodium scandens</i> ; <i>Eria lasiopetala</i> ; <i>Callostylis rigida</i> ; <i>Dendrobium angustifolium</i> , <i>Dendrobium aureilobum</i> ; <i>Dendrobium plicatile</i> ; <i>Goodyera rubicunda</i> ; <i>Hetaeria oblongifolia</i> ; <i>Liparis rheedii</i> ; <i>Liparis rhombea</i> ; <i>Micropera callosa</i> ; <i>Nephelaphyllum pulchrum</i> ; <i>Neuwiedia veratrifolia</i> ; <i>Neuwiedia zollingeri</i> var <i>javanica</i> ; <i>Octarrhena parvula</i> ; <i>Phaius pauciflorus</i> ; <i>Pholidota imbricate</i> ; <i>Plocoglottis javanica</i> ; <i>Podochilus tenuis</i> ; <i>Polystachya concreta</i> ; <i>Pomatocalpa kunstleri</i> ; <i>Sarcostoma javanica</i> ; <i>Trichotosia pauciflora</i>
Pandanaceae	<i>Freycinetia imbricata</i>
Piperaceae	<i>Piper peltatum</i> ; <i>Piper aduncum</i> ; <i>Piper blumei</i> ; <i>Piper caninum</i>
Proteaceae	<i>Helicia robusta</i>
Rhamnaceae	<i>Smythea lanceata</i>



Suku	Spesies
Rhizophoraceae	<i>Carallia brachiata</i>
Rosaceae	<i>Maranthes corymbosa</i>
Rubiaceae	<i>Canthium glabrum</i> ; <i>Oldelandia prostrata</i> ; <i>Ixora grandifolia</i> ; <i>Lasianthus biflorus</i> ; <i>Urophyllum cormbosum</i> ; <i>Mycetia javanica</i> ; <i>Neonauclea calycina</i> <i>Neonauclea lanceolata</i> ; <i>Ophiorrhiza marginata</i> ; <i>Paederia verticillata</i> ; <i>Psydrax dicoccos</i> ; <i>Saprosma arboreum</i> ; <i>Uncaria lanosa</i> var. <i>ferrea</i> ; <i>Uncaria lanosa</i> var. <i>glabrata</i> ; <i>Urophyllum arboreum</i> ; <i>Urophyllum macrophyllum</i>
Rutaceae	<i>Melicope latifolia</i>
Sabiaceae	<i>Meliosma nitida</i> ; <i>Meliosma simplicifolia</i>
Sapindaceae	<i>Lepisanthes montana</i> ; <i>Nephelium juglandifolium</i> ; <i>Xerospermum noronhianum</i>
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum roxburghii</i> ; <i>Payena leerii</i> ; <i>Planchonella duclitan</i> ; <i>Planchonella obovata</i>
Saxifragaceae	<i>Polyosma integrifolia</i>
Schisandraceae	<i>Kadsura scandens</i>
Scrophulariaceae	<i>Lindernia glandulifera</i>
Simaroubaceae	<i>Ailanthus integrifolia</i>
Smilacaceae	<i>Smilax leucophylla</i>
Sterculiaceae	<i>Heritiera javanica</i> ; <i>Sterculia coccinea</i> ; <i>Sterculia cordata</i> ; <i>Sterculia oblongata</i>
Taccaceae	<i>Tacca integrifolia</i>
Thymeleaceae	<i>Gonystylus macrophyllus</i>
Tiliaceae	<i>Grewia laevigata</i>
Ulmaceae	<i>Trema orientalis</i>
Urticaceae	<i>Dendrocnide stimulans</i> ; <i>Leucosyke candidissima</i> ; <i>Poikilospermum suaveolens</i>
Verbenaceae	<i>Callicarpa albida</i> ; <i>Callicarpa pentandra</i> ; <i>Rothea serrata</i>
Vitaceae	<i>Ampelocissus thirsiflora</i> ; <i>Cissus javana</i> ; <i>Tetrastigma lanceolarium</i>
Zingiberaceae	<i>Alpinia malaccensis</i> ; <i>Cheilocostus speciosus</i> ; <i>Globba pendula</i> ; <i>Hornstedtia mollis</i> ; <i>Zingiber acuminatum</i>

Sumber: Helmi dkk. (2009); Ismail dkk. (2000); Sadili (2007)

Sampai saat ini belum ada rekaman khusus flora paku-pakuan untuk kawasan G. Gede-Pangrango sehingga informasi paku-pa-

kuan hanya dapat dicari dari Backer dan Posthumus (1939) dan Raciborski (1898). Tumbuhan dapat dikelompokkan berdasarkan toleransi ekologiannya sebagai tanggapan terhadap peningkatan elevasi yang selalu diikuti dengan penurunan suhu sehingga terbentuk zonasi elevasi. Steenis dkk. (1972, 2006) mengelompokkan tumbuhan menurut reaksinya terhadap zonasi elevasi ini sebagai:

- a) tumbuhan *megaterm*, yang berkembang di daerah panas dan terkumpul di daerah khatulistiwa dengan elevasi rendah,
- b) tumbuhan *mesoterm*, yang tumbuh di daerah beriklim sejuk dan terpusat di daerah garis lintang tengah, yang di kawasan pegunungan tropik terdapat di daerah dengan elevasi tinggi; dan
- c) tumbuhan *mikroterm*, yang tumbuh baik sekali di daerah garis lintang tinggi, dan di daerah tropik; tumbuhan ini hanya berkembang baik di kawasan dengan elevasi tinggi yang beriklim dingin.

Di Indonesia, khususnya di Papua, semua zona mulai dari tumbuhan di pantai tropik hingga berbagai tumbuhan di puncak tinggi yang tertutup salju abadi dan gletser terwakili. Di sini garis pohon (*timber line*) dan garis salju terbentuk juga secara alami. Di Gunung Gede-Pangrango terdapat tumbuhan yang termasuk ketiga kategori tersebut dan dimulai dari elevasi 700 mdpl (batas bawah TNGGP) sampai elevasi 3.009 mdpl (Puncak G. Pangrango).

Berdasarkan studi terdahulu (Steenis 1934), Steenis dkk. (1972, 2006) membuat analisis statistik bagi 900 spesies pegunungan Maleisia dan menetapkan zona-zona floristik yang kemudian dipadukan dengan zona vegetasi. Dalam analisis statistik ini, kehadiran terendah dan tertinggi setiap spesies ditabulasikan sebagai batas kedudukan terendah dan tertinggi. Dengan pendekatan tersebut telah dibuat analisis serupa untuk flora G. Gede-Pangrango dengan menggunakan spesies-spesies khusus yang dijumpai pada elevasi 700–3.000 mdpl dihasilkan zonasi floristik dan iklim yang dipadukan pula dengan zona vegetasi yang disarikan dalam Tabel 6.



Tabel 6. Batas-batas Zona Floristik/Iklim yang Dipadukan dengan Zona Vegetasi Pegunungan dan Subalpin di G. Gede-Pangrango

Elevasi (mdpl)	Jumlah Spesies	Zona Floristik/Iklim	Zona Vegetasi
500–1.000	283	Subzona bukit (<i>colline zone</i>)	Zona hutan pamah atas
1.000–1.500	437	Zona sub-pegunungan	Zona hutan pegunungan bawah
1.600–2.400	361	Zona Pegunungan	Zona hutan pegunungan
2.500–2.800	100	Zona Subalpin	Zona hutan subalpin
2.800–3.000	52		Zona vegetasi perdu & terna subalpin

Sumber: Dimodifikasi dan disesuaikan dari Steenis dkk. (1972, 2006)

Nama-nama zona dan terminologi yang digunakan dalam Steenis dkk. (1972, 2006) diterima di kawasan Malesia (Whitmore, 1986). Batas pertama, adalah antara zona pamah (daerah rendah) dan zona pegunungan pada 1.000 m. Berdasarkan data floristik, zona di bawah elevasi 1.000 mdpl adalah zona suku-suku tumbuhan tropik pamah sejati (*megaterm*), termasuk *Anacardiaceae*, *Bombacaceae*, *Burseraceae*, *Combretaceae*, *Dipterocarpaceae*, *Myristicaceae*, dan *Sapotaceae*. Sebaliknya, sejumlah suku dan banyak marga mikroterm hanya hadir pada elevasi di atas 1.000 mdpl, seperti *Anemone*, *Berberis*, *Gaultheria*, *Gunnera*, *Lonicera*, *Nertera*, *Primula*, *Ranunculus*, *Stellaria*, *Thelymitra*, *Valeriana*, *Veronica*, *Viola*, dan *Wahlenbergia* (lihat Sunarno & Rugayah 1992), yang terdapat di belahan bumi utara atau selatan yang beriklim sejuk dan dingin (Steenis dkk., 1972, 2006). Faktor-faktor lokal memengaruhi zonasi ini dan terjadi penyimpangan setempat, misalnya di sebuah jurang yang sempit dan terlindung garis zonasi flora akan tertekan, sedangkan pada batuan gamping zonasi dapat terdorong ke atas sehingga menjadi kabur karena kegiatan vulkanik atau penggundulan hutan.

Setiap spesies menyebar menurut kisaran masing-masing sepanjang landaian elevasi dan membentuk suatu kontinum atau bentangan yang tidak terputus ke arah atas sehingga sebenarnya zona-zona floristik dan vegetasi tidak mempunyai batas yang nyata

di G. Gede-Pangrango, Seifriz (1923) menunjukkan zonasi floristik yang tidak terputus tersebut.

Pada elevasi 1.000 mdpl sudah banyak suku tumbuhan daerah rendah yang tidak hadir. Pada elevasi antara 1.000 dan 2.000 mdpl tumbuhan lain hanya diwakili oleh spesies tersesat atau marga khusus, memudar ke arah atas, seperti dicontohkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Beberapa Spesies Tersesat yang Mewakili Suku-Suku Daerah Rendah dan Tumbuh pada Elevasi 1.000–2.000 mdpl

Apocynaceae	<i>Micrechites polyanthus</i> ; <i>Urceola javanica</i>
Asclepiadaceae	<i>Dischidia lanceolata</i> ; <i>Dischidia nummularia</i> ; <i>Hoya cinnamomifolia</i> ; <i>Toxocarpus lineatus</i>
Cucurbitaceae	<i>Gynostemma simplicifolium</i> ; <i>Zehneria japonica</i> ; <i>Zehneria scabra</i>
Euphorbiaceae	<i>Breynia virgata</i> ; <i>Claoxylon glabrifolium</i> ; <i>Ostodes paniculata</i>
Menispermaceae	<i>Stephania capitata</i>
Papilionaceae	<i>Hylodesmum repandum</i>
Rhamnaceae	<i>Berchemia affinis</i> ; <i>Rhamnus nepalensis</i> ; <i>Ziziphus horsfieldii</i>
Vitaceae	<i>Cissus adnata</i> ; <i>Tetrastigma dichotomum</i> ; <i>Tetrastigma glabratum</i>
Zingiberaceae	<i>Amomum hochreutinieri</i> , <i>Hedychium horsfieldii</i> <i>Hedychium roxburghii</i>

Gambar 18–27 adalah beberapa contoh spesies yang terdapat di TNGGP (Steenis dkk. 1972, 2006), yang menyajikan gambar-gambar tumbuhan pegunungan.

2. Bentuk Hidup

Dalam setiap komunitas tumbuhan, termasuk hutan, dapat dijumpai beranekaragam bentuk hidup (*life form*), yang berkisar dari pohon besar dengan daun berklorofil sampai ke saprofit, tumbuhan kecil yang tidak berklorofil, yang hidupnya bergantung kepada organisme lain. Bentuk hidup flora pegunungan, di Jawa, termasuk G. Gede-Pangrango, yang berupa tumbuhan memanjat, tumbuhan

hemi-epifit, epifit, parasit, saprofit, insektivora, sukulen, geofit, dan terofit telah diuraikan dengan rinci oleh Steenis dkk. (1972, 2006) dan informasi tambahannya dapat diperoleh dari Went (1940), Backer dan Bakhuizen van den Brink, Jr. (1963, 1965, 1968), Docters van Leeuwen (1933), serta Sunarno dan Rugayah (1992).

3. Flora Langka

Langka adalah sebuah istilah ekologi tumbuhan yang dapat diartikan secara sangat sederhana, tetapi akan menjadi masalah bila istilah ini diterapkan kepada sebaran dan kelimpahan dalam perspektif geografi (Steenis dkk., 1972, 2006). Kita dapat menyatakan suatu spesies langka, misalnya di Jawa spesies tersebut hanya terdapat di beberapa tapak (*site*) saja, tetapi di tapak-tapak tersebut jumlah individu spesies ini dapat sangat melimpah atau dapat juga sangat sedikit. Bila sebaran geografinya diperluas sehingga mencakup wilayah geografi nasional, regional dan global, kelangkaan suatu spesies akan menjadi tajam meskipun secara lokal melimpah. Kelangkaan spesies secara lokal dapat ditentukan berdasarkan data frekuensi keterdapatan dan kerapatan dalam cuplikan. Jika secara rata-rata suatu spesies mempunyai nilai frekuensi rendah sekali dan terdapat hanya satu atau beberapa individu per hektare, spesies tersebut dapat dianggap langka secara lokal (Hubbell & Foster, 1986), yang belum tentu mencerminkan kelangkaan dalam skala global seperti yang didefinisikan oleh kriteria IUCN (2016).

Steenis (1972, 2006a & b) memberikan beberapa contoh spesies berikut yang tumbuh terbatas atau sangat langka, tetapi setempat tumbuh melimpah. Misalnya, *Primula prolifera* dikatakan langka di Jawa karena hanya ditemukan di G. Pangrango, G. Papandayan, dan G. Iyang, tetapi di lokasi tersebut tumbuh melimpah. Di G. Sumbing spesies ini tumbuh secara terbatas di tempat tertentu saja. Demikian pula halnya dengan *Casuarina jughuhniana*. Spesies ini merupakan spesies pohon utama di gunung-gunung di Jawa Timur, tetapi tidak terdapat di Jawa Tengah dan Jawa Barat. Sama halnya dengan *Drosera peltata* yang tumbuh melimpah di padang rumput dalam kawah Ijen, tetapi di tempat lain ditemukan secara terpecah dan sporadis. Sementara itu kita kenal juga spesies endemik, spesies



asli yang mempunyai sebaran secara alami di kawasan geografi tertentu dan tidak terdapat di tempat lain di seluruh dunia. Tabel 8 berikut ini menyajikan daftar spesies tumbuhan berbunga langka dan endemik, yang sebarannya terbatas di G. Gede-Pangrango dan/atau Jawa Barat dan Jawa Tengah, yang disusun berdasarkan data Backer & Bakhuizen van den Brink (1963–1968), Comber (1990), dan Herbarium Bogoriense (2008).

Tabel 8 mencatat 31 spesies tumbuhan berbunga langka dan endemik dan delapan di antaranya endemik di GGP. Menurut bentuk hidupnya, 31 spesies tersebut terdiri atas 20 spesies terna, sembilan spesies pohon, dan dua spesies perdu. Di antara terna yang paling banyak adalah anggrek, yang meliputi 11 spesies. Dari 31 spesies terdaftar tercatat 10 adalah endemik spesies, dan tujuh di antaranya anggrek. Di antara 25 spesies yang dikategorikan langka, empat spesies langka terbatas di G. Gede-Pangrango, yang di kemudian hari mungkin saja dapat dikategorikan endemik bila sudah ada penelaahan dan data dari seluruh dunia untuk menguatkan status endemiknya.

Tabel 8. Spesies Tumbuhan Berbunga yang Langka dan Endemik dalam Vegetasi Alami di G. Gede-Pangrango

No.	Spesies	Elevasi (M)	Status	Bentuk Hidup
Acanthaceae				
1	<i>Peristrophe roxburghiana</i>	1.400	Langka: GGP	Terna
2	<i>Rostellularia sundana</i>	1.400	Endemik: GGP	Terna
Arecaceae				
3	<i>Pinanga javana</i>	1.400–1.700	Langka: GGP, JB	Pohon
Asteraceae				
4	<i>Rhynchospermum verticillatum</i>	1.500–1.800	Langka: GGP, JB	Terna
5	<i>Senecio walkeri</i>	1.000–1.750	Langka: GGP, JB	Terna
Balanophoraceae				
6	<i>Balanophora elongata</i> var. <i>ungeriana</i>	1.420	Langka: GGP, JB	Terna
Cyperaceae				
7	<i>Carex graeffeana</i>	1.600–1.800	Langka: GGP	Terna
Dipterocarpaceae				

No.	Spesies	Elevasi (M)	Status	Bentuk Hidup
8	<i>Anisoptera costata</i>	700–800	Langka: GGP, JB	Pohon
9	<i>Dipterocarpus hasseltii</i>	700–800	Langka: GGP, JBT	Pohon
Flacourtiaceae				
10	<i>Casearia tuberculata</i>	1.400–1.800	Langka: GGP, JB	Pohon
Juglandaceae				
11	<i>Engelhardia serrata.</i>	500–1.400	Langka: GGP, JB	Pohon
Lauraceae				
12	<i>Persea excelsa</i>	1.400–1.500	Langka: GGP, JBT	Pohon
Loranthaceae				
13	<i>Dendrophthoe lanosa</i>	1.800–1.850	Endemik: GGP	Perdu
Melastomataceae				
14	<i>Creochiton bibracteata</i>	1.000–1.500	Langka: GGP, JB	Terna
15	<i>Medinilla verrucosa</i>	1.400–1.700	Langka:, GGP, JB	Perdu
16	<i>Memecylon excelsum</i>	800	Langka: JB	Pohon
Meliaceae				
17	<i>Nephelium juglandifolium</i>	800	Langka: JB	Pohon
Orchidaceae				
18	<i>Bulbophyllum cornutum.</i>	±1.000	Langka: GGP, JBT	Terna
19	<i>Bulbophyllum inaequale</i>	1.500–2.500	Endemik: GGP	Terna
20	<i>Ceratostylis simplex</i>	1.500–2.400	Endemik: GGP, JB	Terna
21	<i>Crepidium sagittatum</i>	2.000	Endemik: GGP	Terna
22	<i>Crepidium soleiforme</i>	1.400	Endemik: GGP, JB	Terna
23	<i>Dendrobium tenellum</i>	1.500–2.400	Langka: GGP, JB	Terna
24	<i>Goodyera viridiflora</i>	800–1.900	Langka: GGP, JBT	Terna
25	<i>Lecanorchis javanica</i>	1.000	Langka: GGP	Terna
26	<i>Liparis bilobulata</i>	1.400–2.500	Endemik: GGP	Terna
27	<i>Oberonia boerlageana</i>	1.450–1.500	Endemik: GGP	Terna
28	<i>Platanthera blumei</i>	1.700–2.800	Endemik: GGP	Terna
Papilionaceae				
29	<i>Ormosia penangensis</i>	1.500	Endemik: GGP	Pohon
Rosaceae				
30	<i>Neillia thyrsoflora</i>	1.700–2.800	Langka: GGP, JB	Terna
Vitaceae				
31	<i>Cissus adnata.</i>	1.400–1.500	Langka: GGP	Terna

Ket.: GGP–Gunung Gede-Pangrango; JB–Jawa Barat; JBT–Jawa Barat dan Jawa Tengah

Sumber: Backer dan & Bakhuizen van den Brink (1963–1968); Comber (1990); Staff HB (2008)

Menurut Steenis (1972, 2006), sebagian besar dari spesies endemik ini baru dikoleksi satu kali saja, dan di kemudian hari, spesies-spesies endemik ini dapat saja berubah statusnya bila spesies tersebut ditemukan juga di tempat-tempat lain. Sementara itu, 13 spesies langka di seluruh daerah sebarannya di G. Gede-Pangrango dan tempat lain di Jawa Barat (GGP, JB), serta tiga spesies langka terdapat di G. Gede-Pangrango dan tempat lain di Jawa Barat dan Jawa Tengah (GGP, JBT), seperti *Bulbophyllum cornutum*, *Dipterocarpus hasseltii*, dan *Persea excelsa*. Steenis (1972, 2006) mengemukakan bahwa di gunung-gunung di Jawa terdapat 68 spesies langka, termasuk di dalamnya 29 spesies endemik dan sebanyak 17 spesies di antaranya adalah *Orchidaceae*. G. Gede-Pangrango, G. Papandayan, dan G. Tengger-Semeru adalah tiga gunung terkaya akan spesies endemik. Selanjutnya, ia menguraikan tentang berbagai pertimbangan, justifikasi, dan validitas suatu spesies diangkat statusnya menjadi endemik, dengan berbagai contoh dari gunung-gunung di Jawa, termasuk G. Gede-Pangrango.

Spesies dengan status langka dan endemik ini mungkin akan bertambah bila koleksi tumbuhan di kawasan TNGGP, terutama di bagian barat dan selatan, diintensifkan dan penelusuran pustaka taksonomi mutakhir, sejak tahun 1983 dilanjutkan. Jurnal penting yang perlu ditelaah termasuk *Flora Malesiana*, *Reinwardtia*, *Blumea*, *Garden's Bulletin Singapore*, dan *Kew Bulletin*, yang menerbitkan monografi atau revisi takson dan temuan-temuan spesies baru di kawasan Malesia. Oleh peneliti KRC, beberapa spesies seperti *Aeschynanthus* diperbanyak dan disilangkan untuk memperoleh perbaikan genetik terutama tanaman hias untuk didaftarkan sebagai spesies yang dilindungi. Spesies ini ditata khusus sebagai taman tematik khusus di KRC. Oleh karena kesesuaian dan koleksi Rhododendron yang dimiliki KRC, spesies ini dijadikan maskot KRC. Beberapa jenis flora ornamental tersebut dapat dilihat pada Gambar 18–24.



Foto: K. Kartawinata (2002)

Sumber: Steenis dkk. (2006)

Gambar 18. *Aeschynanthus longiflorus*, sebuah epifit yang tumbuh pada cabang pohon, kebanyakan pada lapisan bawah hutan, pada elevasi 500–1.500 mdpl.



Foto: K. Kartawinata (2002)

Sumber: Steenis dkk. (2006)

Gambar 19. *Rhododendron javanicum*, sebuah perdu dengan tinggi sampai 2.5 m pada punggung bukit berbatu-batu, dekat air terjun, aliran lava beku, dan batuan dekat kawah pada elevasi 800–2.400 mdpl.



Foto: A. Sadili (2006)

Sumber: Steenis dkk. (2006)

Gambar 20. *Hedychium roxburghii*, sebuah terna bertahunan dengan bunga harum yang tumbuh dalam hutan di tepi sungai dan lembah pada elevasi 850–1.700 mdpl.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Foto: A. Sadili (2006)

Sumber: Steenis dkk. (2006)

Gambar 21. *Vaccinium varingaefolium*, perdu tinggi sampai 3 m, adakalanya epifit pada pangkal batang pohon atau kadang-kadang merambat di hutan pegunungan pada elevasi 700–2000 mdpl.



Foto: Sumadijaya (2009)

Sumber: Steenis dkk. (2006)

Gambar 22. *Ophiorrhiza longiflora*, terna, tinggi sampai 1,5 m di hutan primer elevasi pada elevasi 1.000–1.700 mdpl.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Foto: A. Sumadijaya (2009)

Gambar 23. *Rubus lineatus*, perdu merambat di tepi hutan dan semak lembah, di tepi jalan setapak pada subalpine pada elevasi 1.650–3.200 mdpl.



Foto: A. Sumadijaya (2009)

Sumber: Steenis dkk. (2006)

Gambar 24. *Viola arcuata*, terna dengan rimpang merayap di tegalan basah, tepi danau, selokan, dan tempat terbuka pada elevasi 1.000–3.000 mdpl.

4. Flora Asing

Steenis dkk. (1972, 2006) menguraikan introduksi tumbuhan asing dan gulma ke Nusantara termasuk flora asing di pegunungan Jawa dengan acuan-acuannya. Ia merujuk sebuah buku bagus tentang gulma pegunungan di perkebunan yang ditulis Backer dan Van Slooten (1924). Flora dalam vegetasi alami TNGGP, yang merupakan kawasan inti Cagar Biosfer Cibodas, sebagian besar adalah spesies asli pegunungan dan sebagian kecil spesies daerah rendah Indonesia, terutama di Jawa. Vegetasi alami ini tersisip spesies tumbuhan asing (*exotic plant*) yang persebaran alaminya tidak berada di Indonesia. Dalam kurun waktu dua abad sejak pendirian, Kebun Raya Bogor pada 18 Mei 1817, menandai dimulainya inventarisasi flora di kawasan G. Gede-Pangrango secara intensif. Sampai saat ini tercatat sebanyak 55 spesies asing atau spesies eksotik yang telah menginvasi vegetasi alami TNGGP (Tabel 9). Sebagian dari spesies asing ini terbawa masuk sejak pendirian Kebun Raya Bogor dan Cibodas KRC serta berbagai perkebunan di sekitar G. Gede-Pangrango. Spesies lain memang sengaja ditanam oleh para peneliti, termasuk Teysmann yang membuat beberapa petak percobaan penanaman spesies sayuran dan buah-buahan pada ketinggian berbeda dari Ciawi sampai ke puncak G. Pangrango.

Steenis dkk. (1972, 2006) dan Docters van Leeuwen (1933) mengemukakan bahwa Teysmann membuat eksperimen menanam tanaman budi daya dari daerah bermusim empat seperti Eropa di dekat air terjun Cibeureum, Kandang Badak, dan di puncak Pangrango. Teysmann menebas bersih hutan alam dan membuat petak-petak untuk eksperimen aklimatisasi tumbuhan Eropa tersebut. Eksperimen ini gagal dan petak-petak tersebut ditinggalkan yang kemudian berkembang menjadi vegetasi sekunder, sementara beberapa tumbuhan asing yang diintroduksi masih terdapat di situ. Dalam hutan dekat Cibeureum, misalnya masih terdapat *Neomarrica caerulea*. Dekat Kandang Badak terdapat beberapa pohon *Cupressus sempervirens*, pemanjat *Rosa canina*, serta terna *Rumex alpinus* dan *Digitalis purpurea*. Sementara itu, *Fragaria vesca* yang ditanam di puncak Pangrango dilaporkan masih banyak terdapat di

Buku ini tidak diperjualbelikan.

tempat terbuka dan di bawah sedikit lindungan pohon, tetapi tidak menyebar (Docters van Leeuwen, 1933). Spesies introduksi lain dari suku *Rosaceae* yang masih tumbuh di sana adalah *Cotoneaster*, *Malus domestica*, *Rubus vestitus*, dan *Rosa rubiginosa*. Pada 1933, Docters van Leeuwen menyatakan bahwa ia tidak menemukan pohon apel (*Malus domestica*) di sana, tetapi belum lama ini Sadili dkk. (2009) melaporkan bahwa spesies ini terdapat di alun-alun Mandalawangi. Coster (1926) mencatat bahwa *Fagus sylvatica* (sejenis pohon pasang dari suku *Fagaceae* dari daerah dingin), yang berumur hampir satu abad dengan tinggi sekitar 1,5 m telah berkembang menjadi perdu yang bercabang-cabang.

Bermula dari KRC spesies asing telah menyebar ke dalam hutan dan tumbuh di beberapa tempat, misalnya bambu Jepang, *Cestrum aurantiacum*, *Eupatorium janthianum*, dan *Galathea* sp. Beberapa spesies gulma, sebagian yang berasal dari Amerika, telah menjadi liar sepanjang jalan dan di tempat-tempat terbuka, seperti *Artemisia vulgaris*, *Austroeupatorium inulaefolium*, *Ageratina riparia*, *Bidens pilosa*, *Brassica oleracea*, *Cardamine hirsuta*, *Cerastium arvense*, *Drymaria hirsuta*, *Galinsoga parviflora*, *Oxalis corniculata*, *Solanum tuberosum*, *Sonchus asper*, dan beberapa rumput seperti *Poa annua* dan *Poa trivialis*. Di puncak Pangrango, Docters van Leeuwen (1933) juga menanam biji *Taraxacum campyloides* yang dibawa dari Hawaii.

Dari sekitar 6.100 spesies tumbuhan berbunga yang diuraikan dalam Flora of Java, (Backer & Bakhuizen van den Brink, 1963–1968), sekitar 400 spesies merupakan tumbuhan asing dan tumbuhan pendatang yang telah tumbuh meliar. Sebagian di antaranya terdapat di daerah pegunungan dan daerah rendah di TNGGP. Tabel 9 menyajikan data tentang spesies asing yang terdapat dalam vegetasi alami di TNGGP-CBC yang disusun berdasarkan data lapangan dan data dalam Backer dan Bakhuizen van den Brink (1963–1968), Sunarno dan Rugayah (1992), dan Steenis (1972, 2006), yang juga menjadi sumber informasi untuk uraian selanjutnya mengenai spesies asing. *Asteraceae* merupakan suku yang memiliki spesies asing dalam jumlah besar. Kebanyakan dari spesies asing tersebut berasal dari Amerika tropik. Spesies yang diintroduksi dengan sengaja antara

lain adalah (Backer & Bakhuizen van den Brink, 1963–1968, Sunarno & Rugayah, 1992) tanaman penghasil buah, termasuk *Cyphomandra betacea*, *Fragaria ananassa*, *Fragaria vesca*, *Malus domestica*, *Prunus persica*, dan *Prunus armeniaca*; tanaman hias *Cestrum aurantiacum*, *Cestrum elegans*, *Cosmos caudatus*, *Bartlettina sordida*, *Bryophyllum pinnatum*, *Lantana camara*, dan *Tithonia rotundifolia*; serta tanaman penghasil kayu, seperti *Maesopsis eminii* dan *Cupressus sempervirens*. Seperti di uraikan dalam bab hutan pamah dan dalam bab dinamika, *Maesopsis eminii* tumbuh di tepi hutan alami dan secara agresif mengisi rumpang-rumpang hutan alami tersebut.

Selain itu, banyak juga spesies lain yang masuk sebagai gulma di kawasan pertanian dan perkebunan teh, kina, dan kopi (Backer & Bakhuizen van den Brink, 1963–1968, Sunarno & Rugayah, 1992; Steenis, 1972, 2006), termasuk *Ageratum conyzoides*, *Ageratum houstonianum*, *Bidens pilosa*, *Clidemia hirta*, *Drymaria villosa*, *Euphorbia prostata*, *Euphorbia thymifolia*, *Galinsoga parviflora*, *Gnaphalium purpureum*, *Hyptis capitata*, *Passiflora edulis*, *Passiflora suberosa*, *Physalis peruviana*, *Pseudechinolaena polystachya*, *Richardia brasiliensis*, *Stachytarpheta jamaicensis*, *Tropaeolum majus*, dan *Tropaeolum peregrinum*. Spesies gulma tersebut sebagian besar tumbuh di tempat-tempat terbuka.

Selanjutnya Sunarno dan Rugayah (1992) mencatat bahwa beberapa spesies diintroduksi ke Indonesia dan berbagai negara dengan berbagai cara, seperti *Erechtites valerianifolia* masuk secara tidak sengaja bersama dengan biji kopi dari Brasil; *Brugmansia suaveolens* sengaja dimasukkan sebagai tanaman pagar dan tepian lereng; *Polygala paniculata* yang dikenal dengan nama akar wangi karena akarnya yang harum diintroduksi dari Brasil tidak hanya ke Asia tenggara, tetapi juga ke Afrika tengah, Australia, dan kepulauan Pasifik; *Solanum torvum*, yang biasa dimakan sebagai lalap, berasal dari Amerika tropik dan sekarang tersebar luas di seluruh kepulauan Indonesia dan bahkan juga di Afrika, Asia, dan kepulauan Pasifik.

Benua Asia juga menyumbangkan beberapa spesies tumbuhan asing, meskipun jumlahnya tidak terlalu banyak, termasuk spesies berikut (Backer & Bakhuizen van den Brink, 1963–1968, Sunarno &

Rugayah, 1992; Steenis, 1972, 2006). *Tetrapanax papyrifera*, misalnya, berasal dari Taiwan dan semula di tanam di KRC dan kemudian tumbuh meliar ke dalam kawasan TNGGP. *Bothriospermum tenellum* berasal dari Cina dan masuk ke Jawa, tetapi sampai sekarang hanya terdapat di Sindanglaya, Jawa Barat, dan Wonosobo, Jawa Tengah. Tiga spesies pendatang asal Eropa *Sonchus arvensis*, *Sonchus oleraceus*, dan *Taraxacum campyloides* tumbuh meliar sebagai gulma, sementara pendatang lain adalah dua jenis rumput, *Poa annua* dan *Poa trivialis*, yang telah masuk ke kawasan taman nasional. *Poa annua* ditemukan di sekitar air terjun Cikundul, Kandang Badak dan alun-alun Suryakencana, sedangkan *Poa trivialis* pernah dilaporkan terdapat di pelana G. Gede-Pangrango, tetapi sekarang tidak ditemukan lagi. Beberapa jenis flora asing yang ditemui di area ini dapat dilihat pada Gambar 25–27.

Tabel 9. Spesies Asing yang Terdapat dalam Vegetasi Alami di TNGGP-CBC

No.	Spesies	Elevasi (M)	Negeri Asal
Acanthaceae			
1	<i>Thunbergia coccinea</i>	1.400–1.500	India,
Araliaceae			
2	<i>Tetrapanax papyrifera</i>	1.400	Taiwan
Asteraceae			
3	<i>Ageratum conyzoides</i>	0–2.100	Amerika tropik
4	<i>Ageratum houstonianum</i>	200–1.600	Amerika tropik
5	<i>Artemisia vulgaris.</i>	300–3.000	Eropa
6	<i>Bartlettina sordida</i>	1.400–1.700	Amerika tropik
7	<i>Bidens pilosa</i>	250–2.500	Amerika tropik
8	<i>Cosmos caudatus</i>	10–1.500	Amerika tropik
9	<i>Crassocephalum crepidioides</i>	250–2.550	Afrika
10	<i>Erechtites valerianifolia</i>	20–2.000	Amerika tropik
11	<i>Eupatorium inulifolium</i>	200–1.800	Amerika tropik
12	<i>Ageratina riparia</i>	1400–2.500	Amerika tropik
13	<i>Galinsoga parviflora</i>	500–2.500	Amerika tropik
14	<i>Gnaphalium purpureum</i>	1.000–2.000	Amerika tropik
15	<i>Sonchus asper</i>	700–3.000	Eropa, Afrika, Asia
16	<i>Sonchus oleraceus</i>	200–2.700	Eropa, Afrika, Asia

No.	Spesies	Elevasi (M)	Negeri Asal
17	<i>Taraxacum campylodes</i>	1.200–1.500	Eropa
18	<i>Tithonia rotundifolia</i>	1.400	Amerika tropik
Boraginaceae			
19	<i>Bothriospermum tenellum.</i>	1.400	Cina
Brassicaceae			
20	<i>Nasturtium officinale</i>	350–2.500	Eropa
Caryophyllaceae			
21	<i>Drymaria villosa</i>	1.600	Amerika Selatan
Crassulaceae			
22	<i>Bryophyllum pinnatum</i>	1.400	Afrika
Cupressaceae			
23	<i>Cupressus sempervirens</i>	2.400	Persia
Euphorbiaceae			
24	<i>Euphorbia hirta</i>	1–1.400	Amerika Selatan
25	<i>Euphorbia prostrata.</i>	1–1.450	Amerika Tengah
26	<i>Euphorbia thymifolia</i>	1–1.450	Amerika Tengah
Lamiaceae			
27	<i>Hyptis brevipes</i>	0–1.200	Mexico
28	<i>Hyptis capitata</i>	1–1.700	Amerika tropik
29	<i>Leonotis nepetifolia</i>	1.400–3.300	Afrika
30	<i>Salvia hispanica</i>	1.000–1.700	Amerika tropik
Liliaceae			
31	<i>Nothoscordum gracile</i>	100–1.400	Amerika Utara
Melastomataceae			
32	<i>Bellucia pentamera</i>	250	Amerika Selatan
33	<i>Clidemia hirta</i>	5–1.350	Amerika Selatan
Moraceae			
34	<i>Ficus pumila.</i>	800	Cina & Jepang
Papilionaceae			
35	<i>Crotalaria pallida</i>	0–1.400	Afrika
Passifloraceae			
36	<i>Passiflora edulis</i>	1.000–1.700	Brazil
37	<i>Passiflora suberosa</i>	10–1.400	Amerika Selatan
Poaceae			
38	<i>Poa annua</i>	900–3.000	Eropa
39	<i>Poa trivialis</i>	250–1.600	Eropa

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Spesies	Elevasi (M)	Negeri Asal
40	<i>Pseodechinolaena polystachya</i>	250–1.600	Amerika Selatan
Polemoniaceae			
41	<i>Cobaea scandens</i>	1.300–1.800	Amerika Selatan
Polygalaceae			
42	<i>Polygala paniculata</i>	5–1.750	Amerika Selatan
Polygonaceae			
43	<i>Rumex crispus</i>	1.250–2.100	Amerika Utara
Rhamnaceae			
44	<i>Maesopsis eminii</i>	500–1.400	Afrika
Rosaceae			
45	<i>Fragaria x ananassa</i>	3.000	Amerika Selatan
46	<i>Fragaria vesca</i>	3.000	Eropa
47	<i>Malus domestica</i>	3.000	Eurasia
48	<i>Prunus armeniaca</i>	2.700	Asia Tengah
49	<i>Prunus persica</i>	800–2.000	Cina
59	<i>Rubus ellipticus</i>	3.000	Asia,
51	<i>Rubus vestitus</i>	3.000	Europe
Rubiaceae			
52	<i>Richardia brasiliensis</i>	20–1.700	Brazil
Solanaceae			
53	<i>Brugmansia suaveolens</i>	1.000–1.400	Brazil
54	<i>Cestrum elegans</i>	250–2.100	Mexico
55	<i>Cestrum aurantiacum</i>	1.000	Amerika Tengah
56	<i>Cyphomandra betacea</i>	450–1.700	Amerika tropik
57	<i>Physalis peruviana</i>	1.400–2.300	Amerika tropik
58	<i>Solanum aculeatissimum.</i>	1.400	Amerika tropik
59	<i>Solanum torvum</i>	1–1.600	Peru
Tropaeolaceae			
60	<i>Tropaeolum majus</i>	600–1.800	Colombia
61	<i>Tropaeolum peregrinum</i>	> 1.000	Peru
Verbenaceae			
62	<i>Lantana camara</i>	1–1.700	Amerika tropik
63	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	0–1.650	Amerika tropik

Sumber: Daftar disusun berdasarkan data lapangan dan data dalam Backer & Bakhuizen van den Brink (1963–1968), Sunarno & Rugayah (1992), dan Steenis (1972, 2006).





Foto: A. Sadili (2007)

Sumber: Backer & Bakhuizen van den Brink, Jr., (1963–1968)

Gambar 25. *Bartlettina sordida* spesies asing tumbuh di jalan setapak dalam hutan, tepi hutan dan tempat terbuka pada elevasi 1.400–1.700 mdpl.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Foto: H. Soedjito (2007)

Sumber: Steenis dkk., (1972, 2006)

Gambar 26. *Smilax zeylanica* perdu merambat dalam hutan primer dan sekunder terutama di tepi hutan dan tempat tersinari matahari penuh, hutan bambu, hutan jati pada elevasi 50–1.600 mdpl.

Buku ini tidak diperjualbelikan.





Foto: A. Sumadijaya (2009)

Sumber: Sunarno & Rugayah (1992)

Gambar 27. *Brugmansia suaveolens*, berupa pohon kecil atau perdu yang tumbuh di tepi hutan, pada lereng pada elevasi sampai 1.400 mdpl, banyak ditanam sebagai pagar.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BAB VI

VEGETASI ALAMI

Mengawali uraian ini, sebaiknya disepakati lebih dulu tentang arti dua istilah yang akan sering muncul dalam penyajian tentang vegetasi. Merujuk Kamus Biologi (Rifai, 2004), istilah flora, ekosistem, dan taksonomi mempunyai arti sebagai berikut: *Flora* mempunyai dua arti, yaitu “(1) keseluruhan spesies (jenis) tetumbuhan suatu habitat, daerah, atau strata geologi tertentu; (2) karya atau terbitan yang memuat daftar dan pertelaan spesies (jenis) tetumbuhan suatu habitat, daerah atau strata geologi tertentu.” *Ekosistem* adalah “keseluruhan formasi makhluk hidup (biom) beserta tempat hidupnya.” *Taksonomi* adalah “cabang biologi yang mempelajari dasar-dasar, tata cara, dan hukum-hukum tentang penggolongan makhluk dengan menelaah penamaan, pencirian, dan pengelompokan makhluk berdasarkan persamaan dan perbedaan cirinya.” Pemahaman lebih mendalam dan rinci tentang istilah-istilah itu akan kita temui seiring berlanjutnya pembahasan ini.

Sebuah *komunitas* tumbuhan diartikan sebagai sekelompok populasi berbagai jenis tumbuhan yang saling berinteraksi dan menempati suatu habitat atau tempat dan merupakan *subdivisi vegetasi* (Mueller-Dombois & Fosberg, 1998), yang terjadi secara berulang dalam suatu lanskap (Küchler, 1967). Kelompok jenis ini dapat dipertelakan dengan mencatat identitas, bentuk pertumbuhan

(*growth form*), kelimpahan, ukuran perawakan, dan kekhasannya dalam suatu komunitas (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016). Jadi, suatu komunitas tidak hanya terdiri atas sebuah daftar jenis yang menyusunnya, tetapi dicirikan juga oleh perincian jenis-jenis yang paling besar kontribusinya terhadap kekhasan struktur dan komposisinya. Dalam suatu komunitas dan vegetasi yang diper-telakan hanyalah tumbuhan. Jika faktor lingkungan (fisik dan biotik) diintegrasikan ke dalam suatu komunitas atau vegetasi, maka akan terbentuk suatu ekosistem. Jadi ekosistem adalah keseluruhan for-masi makhluk hidup beserta tempat hidupnya (Rifai, 2004).

Ekosistem adalah benda nyata yang ukurannya bervariasi. Ber-bagai ciri dapat digunakan untuk mengenal tipe-tipe ekosistem, teta-pi yang paling nyata dan mudah digunakan adalah ciri-ciri vegetasi. Vegetasi adalah komunitas tumbuhan, yang merupakan komponen utama yang dominan dan produsen primer dalam suatu ekositem sehingga sering digunakan untuk mengidentifikasi dan mendefi-nisikan batas-batas ekosistem (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016). Wujud vegetasi merupakan cerminan *fisiognomi* (penampak-an luar) dari interaksi antara tumbuhan, hewan, dan lingkungan mereka (Webb & Tracey, 1994). Dengan demikian, tipe vegetasi dapat digunakan sebagai pengganti dan wakil ekosistem yang mudah dikenal dan diteliti (Specht, 1981). Vegetasi bumi seperti yang dike-nal sekarang adalah hasil suatu proses perkembangan yang berjalan dalam waku yang lama di bawah pengaruh faktor lingkungan, baik masa lalu maupun sekarang (Walter, 1973).

Fisiognomi, sifat-sifat struktural dan fungsional vegetasi sering kali bergantung kepada iklim regional, geomorfologi, tanah sebagai substrat, dan faktor gangguan suatu daerah (Mueller-Dombois & Fosberg, 1998). Pada skala lanskap kita dapat mengenal berbagai tipe vegetasi dengan lingkungan dan fisiognominya (*physiognomic environmental vegetation types*) menurut fisiognomi dan lingkung-annya, seperti hutan mangrove, hutan hujan pegunungan, hutan awan (*cloud forest*) (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016). Hanya pada tingkat di bawah ini komposisi floristik menjadi per-timbangan dominan atau penting untuk menentukan apakah unit

vegetasi, yang disebut *asosiasi*, mempunyai kisaran geografi terbatas (Mueller-Dombois & Fosberg, 1998).

Pengertian vegetasi hendaknya tidak dikacaukan dengan pengertian flora. Seperti disebutkan di atas istilah flora mempunyai dua arti, yaitu (1) keseluruhan spesies tumbuhan suatu habitat, daerah atau strata geologi tertentu; dan (2) karya atau terbitan yang memuat daftar dan pertelaan jenis tumbuhan suatu habitat, daerah atau strata geologi tertentu (Rifai, 2004; Mueller-Doimbois, 1998, 2016). Dalam suatu flora biasanya lokasi tumbuhan ditunjukkan, tetapi semua tumbuhan diperlakukan sama menurut identitas taksonominya. Dalam vegetasi, tumbuhan tidak diperlakukan sama, tetapi dibedakan menurut perannya di lokasi tempat tumbuhnya dan dalam komunitas yang dibentuknya (Mueller-Doimbois & Fosberg, 1998).

Peran tumbuhan pertama-tama dibedakan menurut bentuk hidupnya, seperti pohon, perdu, terna, rerumputan, paku-pakuan, dan lumut. Selanjutnya, peran tersebut dibedakan dengan fungsi-fungsi yang lebih terperinci, seperti toleransi terhadap naungan, toleransi terhadap cahaya langsung, dan karakter yang lebih nyata, seperti kelimpahan, pembatasan sebaran, dan pembatasan lingkungan (Mueller-Dombois, 1998; Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016). Jenis tumbuhan merupakan pilar penyusun komunitas tumbuhan yang secara bersama-sama membentuk vegetasi berbagai kawasan.

Vegetasi alami adalah mosaik komunitas tumbuhan dalam lanskap yang belum dipengaruhi oleh kegiatan manusia. Vegetasi alami beradaptasi secara harmonis dengan lingkungan lanskap, termasuk struktur lanskap, topografi, medan, relief, lereng, iklim (terutama suhu dan curah hujan), tanah, dan air. Faktor-faktor tersebut menentukan tipe vegetasi alami. Vegetasi alami tidak hanya sebuah komponen keanekaragaman hayati yang menyediakan sumber daya alam, tetapi juga merupakan komponen yang berperan penting dalam segi hidrologi dan perbaikan iklim. Dengan demikian luasan, kualitas dan keanekaragaman vegetasi alami setiap lanskap perlu dikonservasi secara maksimal. Tanpa pengetahuan dan informasi

yang memadai, hendaknya kita tidak melepas sumber daya hayati begitu saja dalam upaya untuk memenuhi keperluan hidup manusia.

Vegetasi suksesi primer adalah vegetasi yang sedang berkembang secara alami pada substrat baru seperti timbunan abu dan/atau lava yang dihasilkan oleh letusan gunung berapi, tanah perawan yang terbentuk karena tanah longsor, dan timbunan lumpur, serta pasir dan/atau batu karang baru di pantai yang diendapkan oleh pasang surut air laut. Sementara itu, *vegetasi sekunder* adalah vegetasi yang berkembang pada substrat lama yangutupan komunitas tumbuhan aslinya dirusak kegiatan manusia, seperti penebangan hutan alami dan perladangan berpindah, serta komunitas yang berkembang pada lahan-lahan pertanian yang ditelantarkan.

Komunitas tumbuhan alami merupakan indikator lingkungan. Mereka tanggap terhadap berbagai faktor yang berinteraksi. Komunitas tumbuhan mengintegrasikan aneka macam pengaruh tersebut dan sangat sensitif serta bereaksi terhadap berbagai perubahan dalam keseimbangan lingkungan. Struktur, komposisi jenis, dan sebaran geografi vegetasi ditentukan oleh faktor lingkungan, terutama iklim dan tanah. Hubungan antara vegetasi dan tanah sangat erat sehingga dapat dianggap sebagai suatu entitas (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016).

Data vegetasi sangat penting dan merupakan landasan bagi pemanfaatan dan konservasi keanekaragaman hayati dan sumber daya alam lain. Data vegetasi dihimpun tidak semata-mata untuk keperluan ilmiah, tetapi juga untuk berbagai tujuan praktis, termasuk konservasi, pembalakan, pengumpulan hasil hutan nir-kayu, tata guna lahan, penggembalaan, penambangan, perlindungan tanah, dan tata air. Pemahaman menyeluruh tentang vegetasi alami dan interaksi dengan lingkungannya memungkinkan kita menentukan pemanfaatan terbaik sumber daya dalam konteks konservasi dan pembangunan berkelanjutan. Untuk mempertahankan kualitas lingkungan manusia yang baik, vegetasi harus secara geografi tetap dominan. Gangguan keseimbangan biologi yang diakibatkan oleh tingkah-laku jenis-jenis tumbuhan dan hewan asing atau melalui campur tangan langsung manusia sering mudah dikenali dari perubahan fisiog-

nomi, komposisi jenis, dan struktur vegetasi (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974).

Sebelum Perang Dunia II, para pakar botani dan geografi menguraikan berbagai temuan mereka tentang sebaran flora dan vegetasi alami Hindia Belanda berdasarkan penampakan (fisiognomi) dan data flora yang minim dan hasilnya disarikan oleh Steenis (1935). Atas dasar data tersebut, Steenis (1935) kemudian membuat suatu bagan klasifikasi vegetasi Malesia (Brunei, Filipina, Indonesia, Malaysia, Papua Nugini, Singapura, dan Timor) dengan pertelaan sebaran dan ekologi spesies serta vegetasi yang adakalanya cukup terperinci. Uraian tersebut merupakan data vegetasi untuk melengkapi *Wetenschappelijken Atlas van Tropisch Nederland* (Atlas Ilmu Pengetahuan Negeri Belanda Tropik). Ia mengemukakan bahwa bagan ini sebenarnya juga merupakan landasan untuk uraian tentang vegetasi Malesia yang sejatinya akan diterbitkan dalam Flora Malesiana Seri 1 Volume 2 dan 3, yang sampai saat ini belum juga terbit.

Vegetasi alami bumi seperti yang dikenal sekarang adalah hasil suatu proses perkembangan yang berjalan dalam waktu lama di bawah pengaruh faktor lingkungan, baik masa lalu maupun sekarang (Walter, 1973). Seperti dikemukakan di atas, vegetasi dapat digunakan sebagai pengganti dan wakil ekosistem karena kehidupan sebagian besar hewan bergantung kepada vegetasi dan karena vegetasi lebih mudah dikenal dan diteliti (Specht, 1981). Spesies tumbuhan merupakan pilar penyusun komunitas tumbuhan yang secara bersama-sama membentuk vegetasi berbagai kawasan. Vegetasi alami ini dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tipe menurut berbagai pendekatan. Vegetasi dapat diklasifikasikan tanpa mengacu kepada nama spesies, tetapi kepada fisiognomi dan struktur. Cara ini disebut klasifikasi struktural dan sangat bermanfaat di kawasan yang belum tereksplorasi dan di daerah yang vegetasinya tidak dapat diklasifikasikan dengan mudah berdasarkan spesies yang dominan, misalnya di daerah tropik lembap (Webb, 1968; Webb dkk., 1970). Atribut utama dalam skema klasifikasi struktural bukan spesies, tetapi bentuk-hidup tumbuhan, stratifikasi vertikal dan penutupan horizontal dari biomassa tumbuhan serta aspek fenologi atau aspek



musiman. Hampir semua usaha awal untuk mengklasifikasikan vegetasi didasarkan kepada kriteria fisiognomi. Komunitas-komunitas tumbuhan yang didominasi oleh satu bentuk-hidup khusus dan yang berulang pada habitat serupa, disebut *formasi* (dalam pengertian fisiognomi-ekologi), seperti hutan hujan tropik, rawa mangrove, padang rumput, dan semak kerangas.

Fosberg (1961) membuat klasifikasi vegetasi semata-mata berdasarkan fisiognomi dan struktur vegetasi yang ada tanpa memasukkan kriteria lingkungan. 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, savanna, gurun, dsb. Sementara itu struktur terkait dengan susunan biomassa tumbuhan dalam ruang. Sistem ini mempunyai keuntungan bahwa unit-unit vegetasi yang dibuat dengan cara ini dapat secara obyektif dikorelasikan dengan pola-pola lingkungan yang dibuat secara independen, karena batas-batas vegetasi tidak dibuat berdasarkan sifat-sifat lingkungan dan dapat diterapkan secara universal.

Baik secara struktural maupun floristik, hutan membentuk suatu kesatuan yang sinambung. Tipe hutan tidak dapat didefinisikan berdasarkan hadir atau tidaknya sebatang pohon spesies pencuat atau sebatang pohon spesies kanopi. Karena komposisi floristiknya sangat berbeda dari satu tempat ke tempat lain, tidaklah mudah untuk mengklasifikasikan hutan menjadi tipe-tipe lokal yang sebanding dengan unit-unit komunitas yang disebut *sosiasi* dan *asosiasi* menurut konsep Braun-Blanquet, yang digunakan untuk vegetasi di daerah beriklim dingin (Steenis dkk., 1972, 2006; Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016). Dalam teknik ini pencuplikan dibuat berdasarkan luas minimum yang ditentukan dengan titik belok menjadi datar pada kurva spesies-luas (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016). Meijer-Drees (1951) telah berhasil menerapkan sistem ini untuk vegetasi di Sumbawa Timur dan Timor. Teknik ini lebih mungkin diterapkan dalam hutan atau vegetasi yang miskin spesies, seperti yang dijumpai di daerah dingin atau daerah kering, di habitat-habitat berawa atau payau (seperti mangrove), dan tanah pasir putih di padang kerangas yang kondisinya ekstrem atau khusus.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Meskipun demikian, dengan metode tabel floristik (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016) dapat digunakan untuk mengidentifikasi asosiasi sebagai unit komunitas yang datanya dikumpulkan dengan metode kuadrat, yang berbeda dari metode Braun-Blanquet (Purwaningsih dkk., 2017; Mansur & Kartawinata, 2017) yang menentukan asosiasi sebagai unit dasar klasifikasi. Sementara itu dengan modifikasi, Sadili dkk. (2009) menggunakan pendekatan ini untuk vegetasi puncak Gunung Gede-Pangrango. Teknik Braun-Blanquet juga diterapkan dengan modifikasi yang berbeda dalam klasifikasi vegetasi G. Endut dalam Taman Nasional Gunung Halimun-Salak. (Sambas, 2012; Sambas dkk., 2011, 2018) dan vegetasi G. Salak (Wiharto, 2008, 2009, 2012, 2018) yang mengangkat *aliansi* sebagai unit dasar.

Vegetasi alami di TNGGP-CBC, yang membentang dari elevasi 700 m sampai 3.019 mdpl (Puncak G. Pangrango), sangat beranekaragam dan keanekaragaman ini merupakan hasil interaksi antara flora dan faktor-faktor lingkungan (elevasi, topografi, fisiografi, geologi, tanah, iklim, dsb.). Hutan pamah pada elevasi 700–1.000 mdpl terdapat di bagian barat. Sementara itu, hutan yang menutupi lereng timur laut G. Gede-Pangrango, membentang dari Kebun Raya Cibodas pada elevasi sekitar 1.500 mdpl sampai puncak dua gunung tersebut dan mencakup luas lebih dari 1.200 ha. Hutan ini merupakan Cagar Alam Cibodas-Gede (Dammerman, 1929) yang diserahkan oleh Pemerintah Hindia Belanda kepada Kebun Raya untuk menunjang penelitian. Vegetasi yang relatif tidak terganggu membentang dari elevasi 1.500 mdpl sampai di atas 3.000 mdpl. Komposisi vegetasi pada zona yang membentang dari Cibodas sampai puncak Pangrango telah banyak ditelaah secara kualitatif pada abad ke-19 dan awal abad ke-20, misalnya oleh Docters van Leeuwen (1933), Junghuhn (1845), Haberlandt (1910), Korthals, (1848), Massart (1895), Rock (1920), Seifriz (1923, 1924), Steenis (1928, 1937, 1941) (lihat Steenis & Steenis-Kruseman 1953). Kemudian secara kuantitatif pada paruh kedua abad ke-20 kawasan ini dan sekitarnya telah diteliti oleh Abdulhadi dkk. (1998), Alhamd & Rahajoe (2013), Astutik (2013), Gunawan dkk. (2011), Rozak dkk. (2016), Helmi dkk. (2009, Hilwan & Irfani (2018), Kusmana (1989), Meijer (1959), Nu-

raeni dkk. (2014), Rahman dkk., (2011), Sadili dkk. (2009), Srijanto (1987), UNESCO (1975), Yamada (1975, 1976a & b, 1977, 1990), Widyatmoko dkk. (2011, 2013), dan Zuhri & Mutaqien (2013).

Steenis dkk. (1972, 2006) menegaskan bahwa zonasi vegetasi dapat dibuat dengan tiga pendekatan, yaitu (i) elevasi spesies tertentu yang dominan, (ii) komposisi floristik keseluruhan, atau (iii) fisiognomi vegetasi. Dikemukakan juga bahwa karena setiap spesies, mulai dari terna sampai pohon, mempunyai kisaran ekologi dan elevasinya masing-masing, maka karakter ekologi suatu spesies, seperti dominansi satu spesies, tidak dapat digunakan untuk menetapkan zonasi dan zonasi akan lebih baik bila ditentukan berdasarkan komposisi flora secara keseluruhan. Garis batas antarzona juga hendaknya ditetapkan berdasarkan perhitungan statistik, karakteristik vegetasi, dan floristik, bukan dibuat secara sewenang-wenang.

Skema klasifikasi vegetasi Jawa seperti terlihat pada Tabel 10, yang berlaku juga untuk vegetasi TNGGP dibuat menurut sistem Fosberg (1961) yang dikombinasikan dengan faktor iklim, elevasi, tanah, dan status air dalam tanah. Zonasi yang dihasilkan sesuai dengan pemintakatan atau zonasi flora yang berlaku untuk semua kawasan tropik (Whitmore, 1986).

Batas yang memisahkan zona hutan pegunungan dari zona hutan subalpin pada elevasi 2.400 mdpl jelas terlihat dari perubahan floristik dan juga dari perubahan aspek fisiognomi hutan. Pada elevasi kurang dari 2.400 mdpl kanopi hutan tinggi dengan permukaannya yang tidak rata karena kehadiran pohon-pohon mencuat dan menurut struktur vertikal hutan terdiri atas beberapa lapisan atau strata. Sementara itu, dalam zona hutan subalpin pada elevasi di atas 2.400 mdpl, kanopi hutan menjadi lebih rendah, permukaan kanopi agak rata karena di sini hampir tidak terdapat pohon mencuat, batang pohon kecil, jumlah pohon per satuan luas atau kerapatan pohon lebih besar daripada di hutan pegunungan, tajuk pohon kurang lebat sehingga hutan menjadi lebih terang.

Tabel 10. Garis Besar Tipe Vegetasi Alami di G. Gede-Pangrango

Iklim	Elevasi (mdpl)	Status Air	Tanah	Tipe Vegetasi
Malar basah, Schmidt & Ferguson indeks Q<60 (Type A, B); curah hujan tahunan; 1.000–7.100 mm	Pamah (700–1.000)	Lahan kering	Podsolik Merah Kuning, Latosol, Andosol, Litosol; Kering	Vegetasi Pamah
	Pegunungan 1.000–3.019	Lahan Kering	Podsolik Merah Kuning, Latosol, Andosol, Litosol; Kering	Vegetasi Pegunungan
	1.000–2.400	Lahan Kering	Podsolik Merah Kuning, Latosol, Andosol, Litosol; Kering	Hutan Pegunungan
	2.400–3.019	Lahan Kering, Basah	Organosol, Litosol; Kering, Basah	Vegetasi Subalpin
	2.400–3.019	Lahan Kering	Organosol, Litosol; Kering	Hutan Subalpin
	2.400–3.019	Lahan Kering, Basah	Organosol, Litosol; Kering, Basah	Vegetasi Semak, Padang Rumput dan Terna Subalpin

Sumber: Dimodifikasi dari Kartawinata (2006)

Di bawah hutan pegunungan dan vegetasi subalpin terdapat topografi dan habitat yang beranekaragam, misalnya habitat berawa, tempat berbatu-batu, dasar sungai tergenang air, dan air terjun, yang tertutup vegetasi dengan aneka komposisi yang khusus. Berbagai vegetasi khusus ini dimasukkan ke dalam tipe-tipe vegetasi pegunungan sampai subalpin, sesuai dengan elevasinya dari 700–3.019 mdpl.

Steenis dkk. (1972, 2006) menyatakan bahwa lembah atau jurang merupakan habitat yang cocok untuk *Zingiberaceae*, *Elatostema*, dan *Saurauia*; air terjun untuk *Elatostema*, *Pilea*, lumut (termasuk lumut *Sphagnum*), dan paku-pakuan, sedangkan tebing-tebing yang curam untuk *Freyinetia* serta beberapa spesies paku-pakuan dari marga *Gleichenia*, *Dicranopteris*, *Oleandra*, dan *Dipteris*.

A. Vegetasi Pamah

Vegetasi pamah (*lowland vegetation*), yang sebagian besar berupa hutan, mencakup kawasan yang paling luas di Indonesia, terutama di Sumatra, Kalimantan, dan Papua, pada elevasi 0–1.000 mdpl. Di Jawa dan Bali, hutan pamah sudah hampir lenyap. Di Jawa Barat, hutan pamah yang tersisa terdapat di beberapa kawasan konservasi, termasuk TNGGP.

1. Hutan Pamah

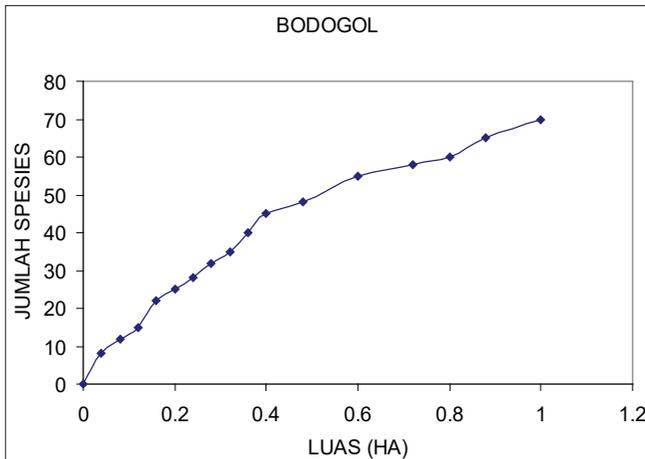
Hutan pamah yang masih alami di TNGGP-CBC terdapat pada elevasi 700–1.000 mdpl dan hutan ini belum banyak diungkapkan secara terperinci. Dalam berbagai catatan tentang taman nasional hutan ini hanya terekam dalam peta topografi sebagai batas terbawah TNGGP pada elevasi 700 mdpl dan terletak di bagian barat. Perekaman floristik telah dibuat di Bodogol, dekat Lido, di bagian barat TNGGP oleh Sadili (2007) khusus mengenai anggrek, Ismail dkk. (2000) flora secara umum, dan di daerah yang sama pada elevasi 800 mdpl komposisi dan struktur hutan dianalisis dalam petak 1 ha oleh Helmi dkk. (2009).

a. Komposisi

Dari analisis petak 1 ha hutan tersebut, Helmi dkk. (2009) mencatat spesies pohon dengan Diameter Setinggi Dada atau DBH, *Diameter at Breast Height* (DSD) ≥ 10 cm sebanyak 70 spesies dan 30 suku, dengan kerapatan 350 pohon/ha dan luas area dasar total 22.54 m². Secara terperinci kondisi hutan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut. Hutan yang diteliti ini tidak dapat seluruhnya dianggap mewakili hutan pamah di kawasan ini karena sudah terganggu, namun memiliki komposisi dan struktur yang menarik. Bila dibanding dengan petak-petak penelitian di hutan pamah di tempat lain (Kartawinata, 2005, 2006), jelas bahwa jumlah spesies di hutan pamah Bodogol jauh lebih kecil daripada jumlah spesies dalam petak 1 ha di hutan pamah di Kalimantan dan Sumatra.

Dari 70 spesies tersebut, 37 spesies (52,86%) tidak tercatat dalam Flora Taman Nasional Gede-Pangrango (Sunarno & Rugayah, 1992),

termasuk *Actinodaphne glomerata*, *Actinodaphne gullavara*, *Aglaia argentea*, *Alangium javanicum*, *Antidesma velutinum*, *Beilschmiedia madang*, *Blumeodendron kurzii*, *Canarium littorale*, *Diospyros frutescens*, *Melicope latifolia*, *Ficus callosa*, *Garcinia lateriflora*, *Gnetum cuspidatum*, *Knema intermedia*, *Macaranga triloba*, *Mallotus paniculatus*, *Neesia altissima*, *Pternandra caerulea*, dan *Radermachera gigantea*. Sementara itu, hutan ini mengandung banyak spesies yang mencirikan hutan pegunungan TNGGP-CBC, tetapi sebagian besar mempunyai nilai Indeks Nilai Kepentingan (INK) rendah. Spesies khas hutan pegunungan yang sering melimpah dari marga *Castanopsis* dan *Lithocarpus* (*Fagaceae*) tidak terdapat di petak ini. Secara kuantitatif, petak ini mempunyai komposisi spesies yang berbeda dari komposisi petak 1 ha (Yamada, 1975, 1976a) pada elevasi 1.600 mdpl, dengan indeks kesamaan Jaccard berdasarkan kehadiran spesies hanya mencapai 8,26%. Hutan di sini berbeda pula dalam komposisi dan struktur dari petak-petak 2 ha yang dibuat Abdulhadi dkk. (1989) dan Rollet dkk. (1976). Dengan demikian, hutan di Bodogol ini dapat dianggap sebagai hutan transisi antara hutan pamah dan hutan pegunungan.



Sumber: Dikutip dengan izin dari Helmi dkk. (2009)

Gambar 28. Kurva penambahan kumulatif jumlah spesies menurut peningkatan luas dalam petak 1 ha hutan pamah di Bodogol dalam kawasan TNGGP-CBC.

Sepuluh suku terbesar berdasarkan jumlah spesies hasil studi Helmi dkk. (2009) dalam hutan ini adalah *Euphorbiaceae* (8 spp.), *Melastomataceae* (6 spp.), *Meliaceae* (6 spp.), *Moraceae* (6 spp.), *Rubiaceae* (5 spp.), *Rutaceae* (4 spp.), *Theaceae* (4 spp.), *Araliaceae* (3 spp.), *Lauraceae* (3 spp.), dan *Myrtaceae* (3 spp.). Sepuluh suku terpenting di hutan Bodogol berbeda dari hasil kajian Abdulhadi dkk. (1998) dan Rollet dkk. (1976) pada elevasi 1.500–1.900 m dan Yamada (1975) pada elevasi 1.600 m. Jumlah spesies dalam suku *Euphorbiaceae* yang tinggi terutama disebabkan kehadiran *Macaranga rhizinoides*, *Macaranga semiglobosa*, *Macaranga triloba*, dan *Mallotus paniculatus*, yang biasa mengisi rumpang dalam hutan primer. Kehadiran spesies *Macaranga* dan *Mallotus* serta spesies eksotik *Maesopsis eminii* merupakan indikasi bahwa hutan Bodogol sudah terganggu.

b. Struktur

Tiga komponen struktur vegetasi dapat dibedakan, yaitu (a) struktur vertikal (stratifikasi menjadi beberapa lapisan), (b) struktur horizontal (sebaran populasi dan individu spesies menurut ruang, dan (c) struktur kuantitatif (kelimpahan setiap spesies dalam komunitas) (Kershaw, 1964). Selain itu dalam struktur ini termasuk juga sebaran jumlah individu dalam kelas-kelas ukuran spesies pohon tertentu di dalam sebuah tegakan hutan (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016). Bila sekiranya setiap spesies dianalisis menurut kelas ukuran seperti itu akan diperoleh data tentang “struktur populasi” dan bila kurva struktur populasi beberapa spesies dari tegakan yang sama dibandingkan satu dengan yang lain, maka akan terlukiskan “struktur tegakan” atau “struktur komunitas”. Analisis struktur semacam ini merupakan pendekatan kuantitatif terperinci dari perekaman spesies dalam stratum vertikal yang berbeda dalam sebuah tegakan dengan kuantitas spesies dalam setiap stratum.

Struktur hutan pamah Bodogol dipertelakan Helmy dkk. (2009) dalam Gambar 29 dan Tabel 11, yang menunjukkan 10 spesies terpenting berdasarkan Indeks Nilai Kepentingan (INK), kerapatan (K) atau Luas Area Dasar (LAD) [*Basal Area*] tertinggi. Struktur tegakan berdasarkan 10 spesies terpenting hutan pamah Bodogol berbeda

dengan struktur tegakan hutan Cibodas pada elevasi 1.400 mdpl di G. Gede-Pangrango yang dikaji Abdulhadi dkk.(1998), Rollet dkk. (1976), dan Yamada (1975).

Dari Tabel 11 terlihat bahwa 10 spesies dengan nilai tertinggi sebagian besar adalah spesies hutan pamah, termasuk spesies-spesies yang kisarannya dari pamah sampai pegunungan, termasuk *Dysoxylum parasiticum*, *Gynotroches axillaris*, *Meliosma pinnata*, *Schima wallichii*, dan *Maesopsis eminii*. Urutan 10 spesies penting menurut frekuensi, kerapatan dan luas area dasar tidak sama bahkan kombinasi spesiesnya juga berbeda. Kerapatan (pohon/ha) di hutan Bodogol termasuk yang paling rendah (yaitu 350 pohon/ha) dibandingkan di hutan pegunungan di Jawa dan lebih rendah lagi bila dibandingkan hutan pamah di Indonesia secara umum (Kartawinata, 2005, 2006). Di Bodogol, spesies dengan kerapatan paling tinggi adalah *Pternandra caerulescens* dan *Schima wallichii* (masing-masing 15 pohon/ha) berbeda dari kerapatan di hutan G. Gede-Pangrango pada elevasi 1.400 mdpl. Yamada (1975) mencatat dalam petak penelitiannya spesies dengan kerapatan paling tinggi adalah *Schima wallichii* (47pohon /ha) dan *Saurauia pendula* (46 pohon/ha), sedangkan Rollet dkk. (1976) merekam kerapatan tertinggi pada *Schima wallichii* (85 pohon /ha) dan *Castanopsis javanica* (52 pohon/ha). Menarik untuk dicatat bahwa *Schima wallichii* terdapat dalam jumlah besar (53 pohon/ha) di hutan pegunungan atas pada elevasi 2.400 m (Yamada, 1977) sehingga dari segi kerapatan *Schima wallichii* dapat dikatakan sebagai spesies pohon yang mencirikan hutan pamah atas sampai hutan pegunungan atas dengan kisaran elevasi 800–2.400 mdpl. Spesies ini memiliki variasi bentuk yang besar (polimorfik) (Bloembergen, 1952).

Tabel 11. Lima belas spesies pohon yang mempunyai Indeks Nilai Kepentingan (INK), kerapatan (K = pohon/ha), atau Luas Area Dasar (LAD = m²) tertinggi dalam satu ha plot hutan pamah alami di Bodogol, TNGGP-CB.

No.	Spesies	INK	K (pohon/ha)	LAD (m ²)
1	<i>Schima wallichii</i> (**)	19,03	15	2.27
2	<i>Pternandra caerulescens</i> (*)	11,78	16	1.13
3	<i>Neesia altissima</i> (*)	11,71	9	1.49
4	<i>Luvunga sarmentosa</i> (*)	11,60	10	1.2
5	<i>Maesopsis eminii</i> (**)	10,5	9	1.03
6	<i>Gynotroches axillaris</i>	9,16	12	
7	<i>Dysoxylum parasiticum</i> (**)	9,09	14	
8	<i>Altingia excelsa</i> (**)	8,35		1.13
9	<i>Radermachera gigantea</i> (*)	7,77		0.93
10	<i>Ficus ribes</i> (**)	7,18		0.85
11	<i>Knema intermedia</i> (*)		10	
12	<i>Meliosma pinnata</i> (**)		10	
13	<i>Memecylon excelsum</i> (*)		8	
14	<i>Oreonicde rubescens</i> (*)			0.98
15	<i>Orophea hexandra</i> (**)			0.84

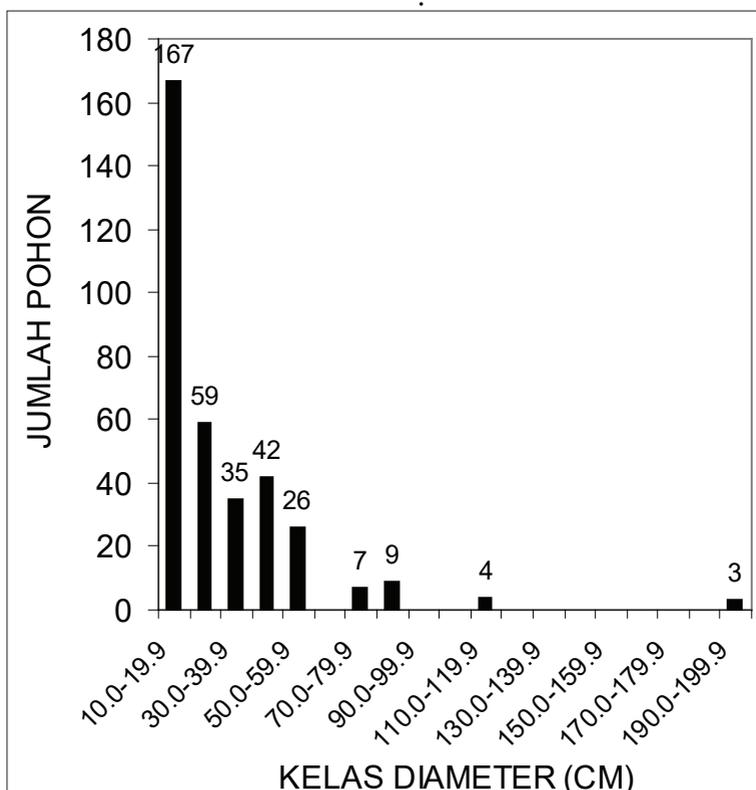
Ket.: (*) Spesies khusus hutan pamah; (**) spesies hutan pamah-pegunungan

Sumber: Direproduksi dengan izin dari Helmi dkk. (2009)

Dalam petak 1 ha Helmi dkk. (2009) ini, tidak ada satu pun spesies yang tersebar merata, dan spesies yang paling tinggi sebarannya hanya terdapat dalam 24–44% dari 25 plot contoh, yang dalam urutan menaik adalah *Aglaiia argentea*, *Neesia altissima*, *Pternandra caerulescens*, *Meliosma pinnata*, *Maesopsis eminii*, *Luvunga sarmentosa*, *Knema intermedia*, *Gynotroches axillaris*, *Dysoxylum parasiticum*, dan *Schima wallichii*. Spesies lainnya lebih jarang, seperti *Alangium javanicum*, *Garcinia lateriflora*, dan *Bridelia insulana* atau mengelompok seperti *Symplocos costata* dan *Altingia excelsa*.

Helmi dkk. (2009) menunjukkan bahwa total LAD dalam 1 ha hutan Bodogol adalah 22,54 m², yang tersusun oleh 352 pohon.

Nilai LAD ini lebih kecil daripada di Cibodas pada elevasi 1.400 m (Abdulhadi dkk., 1998; Yamada, 1975). Nilai LAD yang rendah ini disebabkan oleh ketidakhadiran pohon berdiameter besar (lihat Gambar 29) yang hilang karena ditebang atau tumbang karena badai. Dari Tabel 11 tampak bahwa dari 10 spesies dengan LAD tertinggi sebagian besar adalah spesies-spesies yang tumbuh di hutan pamah, dengan total LAD 11.841 m² (52,53% dari LAD total), termasuk tiga spesies yang tumbuh di hutan pamah sampai pegunungan, yaitu *Oropehea hexandra*, *Ficus ribes*, dan *Schima wallichii*. Ini menunjukkan dominansi spesies-spesies pohon hutan pamah di hutan Bodogol ini.



Sumber: Dimodifikasi dengan izin dari Helmi dkk. (2009)

Gambar 29. Penyebaran Diameter Pohon dalam Petak 1 ha di Hutan Pamah TNGGP-CBC

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dari Gambar 29 (Helmi dkk. 2009) terlihat bahwa sebagian besar pohon berdiameter kurang dari 60 cm, terutama pada kelas diameter 10–20 cm. Grafik kelas diameter tampak tidak menunjukkan bentuk J terbalik sempurna, yang merupakan karakteristik hutan primer. Kerapatan pohon di dalam hutan hujan tropik primer umumnya tidak teratur, biasanya kerapatan pohon tinggi pada kelas diameter rendah untuk kemudian menurun pada kelas diameter pohon yang semakin besar. Terlihat bahwa di petak Bodogol tidak terdapat pohon dengan diameter 60–70 cm, 90–110 cm, dan 120–190 cm. Ini dapat diartikan bahwa hutan dalam petak ini sudah rusak dan kemungkinan besar pohon-pohon dalam kelas diameter tersebut sudah dipotong atau tumbang karena badai, seperti yang terjadi di Cibodas sekitar 20 tahun sebelumnya (Srijanto, 1987). Dalam petak ini terdapat pohon tumbang yang sudah melapuk. Di bagian-bagian tertentu dari petak terdapat rumpang hutan yang sedang beregenerasi.

Seperti telah dikemukakan di atas, spesies pohon dalam petak hutan ini sebagian besar adalah spesies hutan pamah yang bersama dengan spesies pamah yang direkam Ismail dkk. (2000) merupakan data ilmiah baru untuk TNGGP-CBC. Hutan Bodogol merupakan hutan transisi antara hutan pamah atas dan hutan pegunungan bawah yang telah terganggu. Hutan seperti ini, termasuk yang belum banyak terganggu, tampaknya masih cukup luas terdapat di TNGGP-CBC pada elevasi di bawah 1.000 mdpl, yang membentang paling tidak di bagian lereng barat TNGGP. Data Helmi dkk. (2009) menunjukkan bahwa regenerasi sebagian besar spesies pohon, termasuk spesies utama, dalam petak ini tidak baik sehingga di masa depan komposisi spesies pohon hutan ini tidak akan sama dengan sekarang. Penanaman spesies eksotik kayu Afrika, *Maesopsis eminii*, baik oleh masyarakat maupun oleh Perum Perhutani di sekitar kawasan taman nasional mengancam kemurnian dan keutuhan keanekaragaman hayati di dalam TNGGP-CBC. Tampaknya spesies ini telah masuk secara agresif ke dalam hutan melalui invasi rumpang dan tempat-tempat terbuka lain yang diciptakan oleh pohon asli yang tumbang dan penebangan liar. Jenis ini sekarang telah menjadi komponen utama spesies hutan pamah, meskipun dalam petak yang diteliti spesies ini tidak beregenerasi dengan baik karena tidak

tersedia tempat yang cocok. Dari pengamatan di luar petak ternyata kayu Afrika sudah menyebar luas, terutama di sepanjang tepian hutan TNGGP. Di Bodogol tampak bahwa buah spesies ini dimakan owa Jawa sehingga pemencaran biji dapat menjangkau daerah yang lebih luas.

B. Vegetasi Pegunungan

Vegetasi pegunungan di Indonesia meliputi hutan pegunungan bawah, hutan pegunungan atas, hutan subalpin, semak dan padang rumput subalpin, semak dan padang rumput alpin, sampai vegetasi bersalju (*nival vegetation*), yang tersebar pada elevasi 1.000–4.884 mdpl (Kartawinata, 2013). Vegetasi alpin dan vegetasi bersalju tidak terdapat di Jawa dan hanya terdapat di Papua. Steenis dkk. (1972, 2006) menegaskan bahwa dalam lingkungan pegunungan di Jawa perbedaan suhu harian lebih besar daripada perbedaan suhu tahunan, hujan terjadi sepanjang waktu dengan curah hujan tahunan sampai lebih dari 3.000 mm/th, kabut (*fog*) sering menutup sampai ke permukaan tanah, dan karena penyaringan oleh dedaunan kabut berkondensasi menghasilkan air dan tetesan air yang menjadi sumber air yang cukup besar. Proses kondensasi yang membentuk presipitasi horizontal ini digabung dengan evapotranspirasi rendah, secara hidrologi sangat penting dan merupakan proses yang memberi nilai lebih dari ekosistem hutan kabut dibandingkan ekosistem hutan lain (Stadtmüller, 1987; Hamilton dkk., 1993). Suhu berubah sesuai dengan peningkatan elevasi sekitar $0,5^{\circ}\text{C}/100$ mdpl (Barry, 1980; Johns dkk., 2007; Steenis dkk., 1972, 2006; Whitmore, 1986).

Tutupan halimun berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangbiakan, yang mengakibatkan perbedaan daya saing setiap spesies tumbuhan (Steenis dkk., 1972, 2006; Whitmore, 1986). Steenis dkk. (1972, 2006) mengemukakan, efek ekologi kabut dan halimun di pegunungan Jawa, khususnya di G. Gede-Pangrango, sebagai berikut: Kabut, tutupan halimun (*cloud cover*), suhu, dan faktor habitat lain menentukan perubahan komposisi dan struktur hutan Halimun sering terjadi di zona hutan pegunungan bagian bawah sampai atas sehingga kawasan ini diperkirakan banyak menerima tetesan air dari



halimun. Oleh karena itu, di bawah tutupan halimun kelembapan udara dan tanah sangat tinggi. Kawasan di atas garis halimun sering secara musiman kering sehingga vegetasi menderita *rekam air* (*water stress*) sementara. Di lembah angin cenderung bertiup dari bawah ke atas lembah pada siang hari dan mengalir ke lembah pada awal pagi hari yang disebabkan drainase udara dingin. Lembah atau jurang merupakan habitat yang cocok untuk *Zingiberaceae*, *Elatostema*, dan *Saurauia*,; air terjun untuk *Elatostema*, *Pilea*, lumut (termasuk lumut *Sphagnum*), dan paku-pakuan, sedangkan tebing-tebing yang curam untuk *Freycinetia* serta beberapa jenis paku-pakuan dari marga *Gleichenia*, *Dicranopteris*, *Oleandra*, dan *Dipteris*. Gejala ini tampaknya berlaku di hutan pegunungan di kawasan tropik, seperti ditunjukkan di Papua Nugini batas hutan *Castanopsis-Lithocarpus* bertepatan dengan pinggir bawah tutupan halimun di tengah hari (Brass, 1964) dan di Ekuador (Grubb & Whitmore, 1966).

Struktur, fisiognomi, dan komposisi vegetasi pegunungan bervariasi, sebagai hasil interaksi antara flora dan faktor-faktor lingkungan (elevasi, topografi, fisiografi, geologi, tanah, dan iklim), dan zonasi dapat terbentuk sejalan terutama dengan perubahan elevasi. Batas antara hutan pegunungan bawah dan hutan pegunungan atas tidak selalu nyata, tetapi hutan berubah sepanjang landaian elevasi dan membentuk suatu kontinum (*continuum*), seperti dapat ditemukan di hutan pegunungan G. Gede-Pangrango.

Menurut Steenis dkk., (1972, 2006) zonasi vegetasi dapat dibuat berdasarkan kriteria berikut: (i) elevasi spesies dominan tertentu, (ii) komposisi floristik keseluruhan, atau (iii) fisiognomi vegetasi. Tetapi, diingatkan bahwa setiap spesies, mulai dari terna sampai pohon, mempunyai kisaran ekologi dan elevasi sendiri maka karakter ekologi suatu spesies, termasuk dominansi suatu spesies, tidak dapat digunakan dalam penentuan zonasi. Ditegaskan bahwa zonasi akan lebih baik bila ditentukan berdasarkan komposisi flora secara keseluruhan. Garis batas antarzona juga hendaknya ditetapkan berdasarkan perhitungan statistik, karakteristik vegetasi, dan floristik, bukan dibuat secara sewenang-wenang.

Dalam kawasan hutan pegunungan dan vegetasi subalpin terdapat topografi dan habitat yang beraneka, misalnya habitat berawa, tempat berbatu-batu, dasar sungai tergenang air dan air terjun, yang tertutup vegetasi dengan aneka komposisi yang khusus (Steenis dkk., 1972, 2006). Berbagai vegetasi khusus ini dimasukkan ke dalam tipe-tipe vegetasi pegunungan sampai subalpin, sesuai dengan elevasinya dari 700–3.019 mdpl.

Tanah di pegunungan berubah menjadi lebih berhumus dan bahkan bergambut (Whitmore, 1986; Reynders, 1964). Kehadiran gambut di pegunungan terkait dengan zona halimun yang tebal dan persisten (Brass, 1941; Grubb & Whitmore, 1966, Stadtmüller, 1987; Whitmore, 1986). Perubahan menurut elevasi ini berkorelasi dengan lingkungan yang sejuk dan basah dan peningkatan akumulasi bahan organik pada elevasi tinggi diperkuat oleh kondisi basah yang menyebabkan proses dekomposisi oleh mikroba terhambat. Ketebalan bahan organik meningkat secara dramatis pada garis halimun (sekitar 1.500 mdpl). Whitmore (1986) selanjutnya menegaskan bahwa tanah umumnya berdrainase buruk (*waterlogged*) dan anaerobik dekat permukaan. *Sphagnum* dan spesies lumut lain pembentuk gambut terdapat di atas garis halimun. Dikemukakan juga bahwa punggung bukit, benjolan-benjolan, dan puncak-puncak pada semua elevasi adalah tapak-tapak stabil, yang tanahnya tidak terus-menerus diper muda oleh longsor dan longsoran. Air yang diterima hanya dari udara, tanah selalu terbasuh dan tidak menerima air dari daerah-daerah tinggi. Oleh karena itu, tanah di tapak-tapak seperti itu cenderung lebih oligotropik dan lebih kering daripada lereng dan lembah.

Di kawasan Malesia, di hutan pegunungan banyak terdapat marga tumbuhan Australia, seperti *Leptospermum*, *Tristania*, *Phyllocladus*, dan suku-suku daerah iklim sedang (Steenis dkk., 2006). Suku-suku pohon yang lebih banyak terdapat di pegunungan antara lain adalah *Aceraceae*, *Araucariaceae*, *Cunoniaceae*, *Ericaceae*, *Fagaceae*, *Lauraceae*, *Podocarpaceae*, dan *Theaceae* (Whitmore, 1986). Vegetasi pegunungan juga merupakan habitat jenis *Cyperaceae* yang sebagian besar adalah dari marga *Carex* yang tumbuh pada berbagai elevasi (Kern, 1974).

1. Hutan pegunungan

a. Pertelaan Umum

Hutan pegunungan terletak pada elevasi (750) 1.000–(1.500) 2.400 mdpl dan berbeda dari hutan pada elevasi < 1.000 mdpl. Tipe hutan ini dapat dibagi menjadi hutan pegunungan bawah (*lower montane forest*) pada elevasi (750) 1.000–1.500 mdpl dan hutan pegunungan atas (*upper montane forest*) pada elevasi 1.500–2.400 mdpl. Di lapangan sering kali tidak mudah untuk menarik garis batasnya, seperti juga tampak dari data hasil studi Rollet dkk. (1976), Rozak dkk. (2016), dan Yamada (1975, 1977).

Semakin tinggi elevasi, biasanya pohon-pohon menjadi semakin rendah dan diameternya semakin kecil. Baik di Jawa maupun di pulau-pulau lain dalam tipe hutan ini spesies dari suku *Fagaceae* dan *Lauraceae* melimpah. Spesies pohon khas pegunungan (Johns dkk., 2007; Steenis dkk., 1972, 2006; Whitmore, 1986), antara lain adalah *Acer laurinum*, *Altingia excelsa*, *Castanopsis* spp. (*Castanopsis acuminatissima*, *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, *Castanopsis tungurrut*), *Dacrycarpus imbricatus*, *Eugenia banksii*, *Engelhardtia spicata*, *Lithocarpus* spp. (*Lithocarpus rotundatus*, *Lithocarpus sundanicus*, *Lithocarpus kunstleri*), *Magnolia liliifera*, *Magnolia sumatrana* var. *glauca*, *Nothofagus* spp., *Oreocnide rubescens*, *Phyllocladus hypophyllus*, *Polyosma illicifolia*, *Quercus* spp. (*Quercus gemmeliflora*, *Quercus lineata*, *Quercus oidocarpa*, *Quercus teysmannii*), *Rapanea hasseltii*, *Schima wallichii*, *Prunus arborea*, *Turpinia pomifera*, *Vernonia arborea*, dan juga paku pohon (*Cyathea* spp.). Pada pohon-pohon biasanya tumbuh melimpah berbagai spesies epifit memanjat, seperti *Freycinetia* dan *Fagraea*. Hutan berlumut umumnya berkembang pada elevasi >1.500 mdpl, dan pada ketinggian tersebut berbagai jenis lumut, anggrek, dan paku epifit banyak sekali tumbuh,

Pulau Jawa dengan luas ±13 juta ha hanya mempunyai penutup hutan 24% luas total daratan Jawa (Purnama, 2021). Hutan alami yang tersisa hanya terdapat di daerah pegunungan. Hutan pegunungan Jawa terdapat pada elevasi 800–2.500 mdpl yang meliputi hutan pegunungan bawah dan hutan pegunungan atas. Rekaman vegetasi dan flora gunung-gunung di Jawa pada masa lampau tercantum

dalam Steenis dkk. (1972, 2006) dengan judul *Rujukan Pilihan untuk Pegunungan Jawa*. Di gunung-gunung di Jawa Tengah dan Jawa Timur yang beriklim lebih kering, cemara gunung (*Casuarina junghuhniana*) sering membentuk tegakan murni dan dapat dianggap sebagai tipe vegetasi tersendiri (Steenis dkk., 1972, 2006). Akan tetapi, tegakan ini berkembang setelah terjadi kebakaran yang biasanya disebabkan oleh kegiatan manusia.

Vegetasi alami di TNGGP-CBC, yang membentang dari elevasi 700 m sampai 3.019 mdpl (Puncak G. Pangrango), beranekaragam dan keanekaragaman ini merupakan hasil interaksi antara flora dan faktor-faktor lingkungan (elevasi, topografi, fisiografi, geologi, tanah, iklim, dsb.). Hutan pamah pada elevasi 700–1.000 mdpl terdapat terutama di bagian barat. Sementara itu, hutan, yang menutupi lereng timur laut G. Gede-Pangrango, membentang dari Kebun Raya Cibodas pada elevasi sekitar 1.500 mdpl sampai puncak dua gunung tersebut dan mencakup luas lebih dari 1.200 ha. Hutan ini merupakan Cagar Alam Cibodas-Gede (Dammerman, 1929) yang diserahkan oleh pemerintah Hindia Belanda kepada Kebun Raya untuk menunjang penelitian. Vegetasi yang relatif tidak terganggu membentang dari elevasi 1.500 mdpl sampai di atas 3.000 mdpl. Komposisi vegetasi pada zona yang membentang dari Cibodas sampai puncak Pangrango telah banyak ditelaah secara kualitatif pada abad ke-19 dan awal abad ke-20, misalnya oleh Docters van Leeuwen (1933), Junghuhn (1845), Haberlandt (1910), Korthals, (1848), Mas-sart (1895), Rock (1920), Seifriz (1923, 1924), Steenis (1928, 1937, 1941) dsb. (lihat Steenis & Steenis-Kruseman, 1953). Kemudian, secara kuantitatif, pada paruh kedua abad ke-20 dan awal abad ke-21, kawasan ini dan sekitarnya telah diteliti oleh Abdulhadi dkk. (1998), Alhamd dan Rahajoe (2013), Astutik (2013), Gunawan dkk. (2011), Helmi dkk. (2009), Hilwan dan Irfani (2018), Kusmana (1989), Meijer (1959), Nuraeni dkk. (2014), Pratiwi (1987), Rahman dkk. (2011), Rollet dkk. (1976), Rozak dkk. (2016), Sadili dkk. (2009), Srijanto (1987), UNESCO (1975), Yamada (1975, 1976 a & b, 1977, 1990), Sadili dkk. (2009), Widyatmoko dkk. (2011, 2013), serta Zuhri dan Mutaqien (2013).



Hutan transisi antara pamah dan pegunungan terdapat terutama di bagian barat pada elevasi 700–1.000 mdpl di kawasan Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango (TNGGP) dan hutan ini belum banyak diungkapkan secara terinci. Dalam berbagai catatan tentang taman nasional hutan di bagian barat ini hanya terekam dalam peta topografi sebagai batas terbawah TNGGP pada elevasi 700 m.

Dalam Tabel 10 ditunjukkan bahwa di daerah pegunungan dapat dibedakan hutan pegunungan bawah, hutan pegunungan atas, hutan subalpin, vegetasi semak, dan terna subalpin. Batas komunitas yang lebih jelas akan tampak pada elevasi di atas 2.400 m. Di G. Gede-Pangrango, hutan pegunungan bawah dan hutan pegunungan atas berubah sepanjang landaian elevasi dan membentuk suatu kontinum sehingga batas yang nyata agak sukar untuk ditarik di lapangan dan gejala ini ditunjang oleh data hasil penelitian secara kuantitatif (Abdulhadi dkk., 1998; Rollet dkk., 1976; Rozak dkk., 2016; dan Yamada, 1975, 1977). Oleh karena itu, dalam uraian tentang berbagai vegetasi di bawah ini keduanya digabung sebagai hutan pegunungan.

Bagian bawah dari zona hutan ini adalah bagian yang mengandung spesies tumbuhan terkaya, sementara zona pegunungan dan zona subalpin bagian bawah merupakan zona campuran atau transisi. Di sini spesies dari zona pegunungan masih terdapat dalam jumlah banyak dan batas sebaran atasnya antara 2.400 dan 2.600 mdpl. Penurunan jumlah spesies dengan peningkatan elevasi berbanding terbalik dengan jumlah individu (Tabel 15). Kekayaan spesies di hutan tua di G. Pangrango lebih besar daripada di hutan yang lebih muda pada lereng G. Gede, yang berkembang dari hutan yang rusak berat karena letusan gunung.

b. Komposisi

Hutan pegunungan ini berbeda dari hutan pamah, dalam aspek berikut (Steenis dkk., 1972, 2006): (1) jumlah spesies pohon per unit luas lebih sedikit, (2) epifit, pteridofit (paku-pakuan) dan lumut lebih kaya, (3) banyak suku-suku hutan lahan pamah tidak lagi ada, seperti *Sapotaceae*, *Ebenaceae*, *Annonaceae*, *Bombacaceae*, dan *Lecythidaceae*, atau kalau pun ada hanya sedikit sekali, sedangkan suku daerah beriklim dingin banyak dijumpai.

Hutan ini sangat heterogen, yang berarti bahwa beratus-ratus spesies pohon hanya diwakili oleh sedikit individu yang tersebar luas. Ini merupakan fenomena dalam hutan hujan tropik di seluruh dunia, yang dicerminkan oleh nilai frekuensi atau persentase keterdapatan dalam petak-petak analisis. Pohon-pohon tersebar tidak teratur, yang merupakan akibat dari regenerasi setempat secara acak. Sebagian besar spesies di hutan ini mempunyai nilai frekuensi kecil. Hanya sebagian kecil dari spesies pohon mempunyai nilai frekuensi tinggi, seperti *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, *Cyathea latibrosa*, *Ficus ribes*, *Macaranga rhizinoides*, *Homalanthus populneus*, *Oreocnide rubescens*, *Persea rimosa*, *Schima wallichii*, dan *Turpinia sphaerocarpa* (Abdulhadi dkk., 1998). Diversitas atau keanekaragaman spesies dalam suatu komunitas dapat ditunjukkan dengan Indeks Diversitas Shannon, yaitu suatu indeks yang mengintegrasikan jumlah spesies dengan jumlah individu per satuan luas. Di hutan pegunungan G. Gede-Pangrango Index Diversitas Shannon rendah, yaitu 1,65 (Abdulhadi dkk., 1998). Kekayaan jenis dalam satuan luas juga menunjukkan derajat diversitas komunitas (McCune & Grace, 2002).

Pengamat terdahulu (Haberlandt, 1910; Junghuhn, 1845; Massart, 1895; Meijer, 1959; Seifritz, 1923, dan Steenis dkk., 1972, 2006) menyatakan bahwa pohon pegunungan yang paling terkenal, *Altingia excelsa*, adalah spesies yang dominan pada elevasi 1.400–1.600 mdpl. Studi kuantitatif Arrijani (2006, 2008) menguatkan pendapat ini dan ia mencatat bahwa *Altingia excelsa* cukup melimpah (35 pohon/ha) dan dominan (Nilai Kepentingan = 16,4) pada zona montana (pegunungan) dengan elevasi 1.600–2.400 mdpl. Tiga spesies dominan lain berturut-turut adalah *Schima wallichii* (13,2), *Podocarpus neriifolius* (NK = 13,2), dan *Dacrycarpus imbricatus* (NK = 12,7). Tetapi, analisis kuantitatif yang intensif di kawasan hutan pegunungan yang sama oleh Abdulhadi dkk. (1989), Rollet dkk. (1976), dan Yamada (1975, 1977) menunjukkan bahwa *Altingia excelsa* bukan spesies yang dominan pada elevasi 1.500–2.300 mdpl (Tabel 11) dan dominansi di sini dikuasai bersama oleh *Acronodia punctata*, *Dacrycarpus imbricatus*, dan *Schima wallichii*. Pada elevasi 2.300 mdpl spesies yang menonjol adalah *Astronia spect-*



abilis, *Eurya obovata*, *Lithocarpus elegans*, dan *Polyosma ilicifolia*. *Altingia excelsa* bersama-sama dengan *Dacrycarpus imbricatus* dan *Podocarpus neriifolius* merupakan spesies yang menarik di hutan G. Gede-Pangrango, serta di gunung-gunung lain di Jawa (Steenis dkk., 1972, 2006). *Altingia excelsa* di G. Gede-Pangrango tampil dengan megah dan mengesankan sehingga pengamat sering terkecoh dan menyimpulkan *Altingia excelsa* ini sebagai spesies dominan. Namun, kenyataannya tidak demikian, bahkan dari pengamatan dalam petak-petak penelitian Rollet dkk. (1976) dan Abdulhadi dkk. (1998), *Altingia excelsa* hanya terdapat sedikit dan tidak dominan. Dalam petak Yamada (1973–1977) spesies ini bahkan tidak terekam sama sekali. *Altingia excelsa* terekam relatif lebih banyak pada elevasi lebih rendah (Meijer 1959) dan bahkan sampai daerah transisi antara hutan pegunungan dan hutan pamah pada elevasi 800 m dpl (Helmi dkk. 2009). Secara alami sebaran *Altingia excelsa* di Indonesia hanya terbatas di Jawa dan Sumatra, sedangkan di luar Indonesia spesies ini terdapat di Buthan, India, Myanmar, dan Malaysia Semenanjung (Vink 1957). Di G. Slamet di Jawa Tengah, *Dacrycarpus imbricatus* dan *Podocarpus neriifolius* hadir, tetapi *Altingia excelsa* tidak dijumpai. *Castanopsis acuminatissima* dan *Schima wallichii* sangat banyak dijumpai di G. Gede-Pangrango dan gunung-gunung lain di Jawa bagian barat, tetapi di G. Slamet *Schima wallichii* tidak ditemukan. Di Indonesia spesies ini hanya terdapat di Jawa bagian barat, Kalimantan dan Sumatra, sedangkan di luar Indonesia *Schima wallichii* tersebar dari Nepal, India, Bangladesh, Myanmar, Tiongkok, Vietnam, Kambojia, Malaysia, Thailand, Filipina sampai Jepang (Bloembergen, 1952).

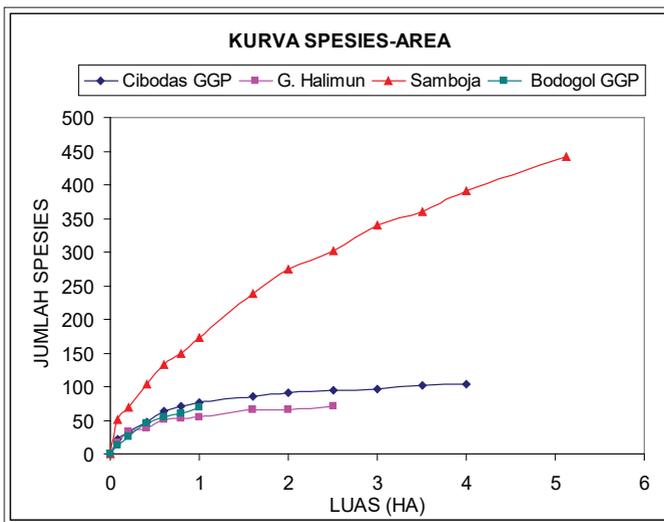
Dominansi spesies tertentu pun tidak dapat dijadikan patokan untuk menentukan tipe hutan karena dominansi bervariasi dari satu tempat ke tempat lain, dan biasanya bersifat lokal. Dalam Tabel 13 dan Tabel 14 tampak bahwa *Schima wallichii* adalah satu-satunya spesies yang dominan pada elevasi 1.600 mdpl, tetapi pada elevasi 1.700–2.100 mdpl dominansi harus dibagi bersama dengan *Dacrycarpus imbricatus* dan pada elevasi 2.300 mdpl kedua spesies ini melepaskan sebagian dominansinya kepada *Astronia spectabilis*, *Eurya obovata*, *Myrsine affinis*, *Lithocarpus elegance*, dan *Polyosma il-*

icifolia. Sementara itu, di G. Ciremai, *Dacrycarpus imbricatus* adalah jenis pohon yang dominan dan membentuk sebuah sabuk (Steenis dkk., 1972, 2006), tetapi tidak demikian di G. Gede-Pangrango. Suatu spesies dapat saja menggerombol secara lokal dan menjadi dominan sebagai akibat dari berbagai gangguan di masa lampau, tetapi dominansi lokal ini suatu saat akan menjadi tegakan campuran (Steenis dkk., 1972, 2006), seperti akan dibahas dalam bab dinamika rumpang (Bab VII). Waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi tegakan campuran serupa dengan tegakan semula itu panjang sekali, untuk hutan pamah di Kalimantan diperlukan waktu 150–250 tahun (Riswan dkk., 1985), apalagi untuk mencapai klimaks diperlukan waktu lebih lama lagi.

Betapa bercampurnya sifat klimaks ini dan spesies apa saja yang berperan, tergambar dalam hasil studi Abdulhadi dkk. (1998), Meijer (1959), Rollet dkk. (1976), Yamada (1975, 1977). Dalam satu ha hutan di lereng G. Gede-Pangrango di belakang Kebun Raya Cibodas, pada elevasi 1.500 m, Meijer (1959) mencatat 78 spesies pohon, 40 spesies perdu, 30 spesies tumbuhan memanjat, 10 spesies merayap, 100 spesies epifit, dan 73 spesies terna terestrial. Secara keseluruhan tercatat 333 spesies tumbuhan berbiji dan paku-pakuan. Di hutan yang dahulu disebut cagar alam di belakang KRC, dari elevasi 1.500 mdpl hingga ke puncak, terdapat sekitar 870 spesies tumbuhan berbiji dan 150 spesies paku-pakuan (Steenis dkk., 1972, 2006) (untuk flora keseluruhan TNGGP lihat juga Sunarno & Rugayah 1992). Pada elevasi yang sebanding di tempat yang tidak jauh dari lokasi petak Meijer, Abdulhadi dkk. (1998) dalam petak dua ha mencatat 98 spesies pohon dengan $DSD \geq 10$ cm dan Rollet dkk. (1976) dalam tujuh transek yang masing-masing luasnya dua ha jumlah spesies berkisar dari 61 sampai 89 spesies dan dalam satu ha Yamada (1975) mencatat 57 spesies pada elevasi 1.600 mdpl.

Gambar 30 adalah kurva luas-spesies yang menunjukkan keanekaragaman spesies pohon dengan $DSD \geq 10$ cm dan areal minimum yang dapat dianggap mewakili untuk hutan ini. Tampak bahwa jumlah spesies pohon per satuan luas di G. Gede-Pangrango lebih besar daripada di G. Halimun. Pada kurva ini tampak bahwa untuk hutan G. Gede-Pangrango titik belok menjadi datar itu tidak terlalu nyata,

meskipun dapat dikatakan bahwa pada titik luas petak satu ha mulai mendatar dan pertambahan spesies selanjutnya tidak besar sehingga petak satu ha memberikan indikasi sebagai luas minimum untuk hutan pegunungan, yang komposisi spesiesnya dapat dikatakan mewakili. Hal serupa juga terlihat pada kurva untuk G. Halimun. Tampaknya ini merupakan karakter dari hutan pegunungan dengan kekayaan spesiesnya yang rendah (Kartawinata, 2005, 2006; Sadili dkk., 2018). Ini berbeda dengan hutan pamah yang kekayaan spesies per unit luas sangat tinggi. Dalam hutan pamah kurva spesies-luas pada titik satu ha belum menunjukkan tanda-tanda grafik mulai membelok bahkan sampai luas 5 ha jumlah spesies masih meningkat tajam dengan perluasan petak yang semakin besar (Gambar 30). Hal serupa dapat dilihat pula di hutan pamah G. Gede-Pangrango di Bodogol (Gambar 28).



Ket.: Spesies pohon dengan diameter setinggi dada ≥ 10 cm di hutan pegunungan Cibodas G. Gede-Pangrango (GGP) dan G. Halimun dan hutan pamah Bodogol GGP dibandingkan hutan pamah di Samboja, Kalimantan Timur

Sumber: Dimodifikasi dari Kartawinata (2006)

Gambar 30. Kurva Luas Spesies yang Menunjukkan Keanekaragaman Spesies Pohon

Hutan pegunungan adakalanya disebut hutan *Fagaceae-Lauraceae* (*Lauro-fagaceous forest*) karena secara sepintas spesies dari dua suku tersebut tampak mendominasi, padahal seperti terlihat pada beberapa tabel dalam bab ini tidak demikian. Spesies dari suku *Fagaceae* yang tercatat di hutan ini adalah *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, *Lithocarpus elegans*, *Lithocarpus indutus*, *Lithocarpus korthalsii*, *Lithocarpus pseudomoluccus*, dan *Lithocarpus rotundatus*, sedangkan spesies dari suku *Lauraceae* adalah *Litsea cassiaefolia*, *Litsea mappacea*, *Lindera polyantha*, *Neolitsea javanica*, dan *Persea ramosa*.

Dalam gradasi elevasi 1.700–2.600 m di G. Gede-Pangrango ini terjadi perubahan komposisi jenis, jumlah jenis, dan kerapatan pohon, seperti terlihat dalam Tabel 13 dan Gambar 30. Spesies pohon yang secara bersama-sama dominan dengan nilai Dominansi Nisbi (DN) > 10 adalah *Astronia spectabilis*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Eurya obovata*, *Lithocarpus elegans*, *Myrsine affinis*, *Polyosma ilicifolia*, dan *Schima wallichii* (Tabel 15 dan Tabel 16). Tampak bahwa *Schima wallichii* mempunyai DN tertinggi sepanjang gradasi elevasi tersebut. Kalau dilihat dari jumlah individu yang tinggi, tampak bahwa seolah-olah spesies lain yang dominan, seperti terlihat dalam Tabel 13–16).

Rozak dkk. (2016) meneliti kekayaan spesies pohon di hutan submontana (pegunungan bawah), montana (pegunungan) dan subalpin dari elevasi 1.000–3.010 mdpl di kawasan G. Gede-Pangrango, terutama di bagian timur. Sebanyak 26 petak cuplikan dengan luas masing-masing 0,2 ha disebar untuk merekam pohon-pohon yang berdiameter ≥ 5 cm. Tercatat secara keseluruhan 127 spesies dengan jumlah individu 1.479 pohon atau kerapatan 284 pohon/ha. Di zona submontana terdapat sebanyak 79 spesies dengan kerapatan $K = 201$ pohon/ha, di zona montana 70 spesies dengan $K = 261$ pohon/ha, dan di zona subalpin 33 spesies dengan $K = 395$. Kehadiran spesies dalam 26 petak cuplikan tersebut sebanding dengan kehadiran spesies yang direkam dalam petak cuplikan Abdulhadi dkk. (1998), Arrijani (2006, 2008), Pratiwi (1987), Rollet dkk. (1976), dan Yamada (1975, 1977), meskipun jumlah spesies per unit area dan kerapatan

berbeda terutama karena perbedaan ukuran diameter pohon yang dijadikan landasan. Dari 127 spesies tersebut tercatat delapan spesies ditemukan di semua zona, yaitu *Eurya acuminata*, *Lithocarpus pallidus*, *Macropanax concunus*, *Mischocarpus pentapetalus*, *Neolitsea cassiifolia*, *Polyosma integrifolia*, *Schima wallichii*, dan *Symplocos cochinchinensis*.

Analisis komposisi spesies pohon di TNGGP yang dilakukan oleh Pratiwi (1987) menunjukkan bahwa pada tingkat pohon, jenis yang dominan pada ketinggian 1.440, 1.555, dan 1.625 mdpl berturut-turut adalah *Altingia excelsa*, *Castanopsis argentea*, dan *Schima wallichii*; pada tingkat “sapling” berturut-turut adalah *Pavetta indica* dan *Eurya obovata*, tidak ada jenis dominan. Gunawan dkk. (2011) menelaah struktur dan komposisi hutan termasuk hutan alami di suatu lokasi tidak jelas posisi geografi dan elevasinya di TNGGP. Empat spesies utama dengan nilai kepentingan > 10 di hutan alami adalah *Schima wallichii*, *Macropanax dispernum*, *Glochidion rubrum*, dan *Magnolia sumatrana* var. *glauca*. Komposisi utama ini, kecuali *Schima wallichii* yang dominan, agak menyimpang dari komposisi yang dilaporkan oleh berbagai peneliti (Abdulahdi dkk. 1998; Rollet dkk. (1976), Rozak dkk. (2016), dan Yamada (1975, 1977). Mungkin sekali lokasi hutan alami ini terletak di tepi kawasan hutan alami yang bersebelahan dengan hutan tanaman.

Pada pohon-pohon biasanya tumbuh melimpah berbagai jenis epifit dan tumbuhan memanjat (seperti *Orchidaceae Freycinetia*, *Rhododendron*, *Asplenium nidus*, dan *Fagraea*). Pada elevasi yang lebih tinggi sering kali epifit tumbuh juga di permukaan tanah (Steenis dkk., 1972, 2006).

Pada punggung dan lereng gunung, pohon-pohon umumnya pendek seperti perdu, dan diwakili oleh jenis-jenis dari marga *Myrsine*, *Helicia*, *Illicium*, dan suku *Ericaceae* dan pada pohon *Ericaceae* ini sering tumbuh lumut dengan lebat. Di sini flora lumut sangat kaya, dan tidak jarang jenis-jenis lumut, seperti *Sphagnum* dan *Myriodendron* tumbuh menutupi tanah juga. Pada lapisan permukaan tanah sering terdapat berbagai jenis terna dan perdu indah seperti jenis-jenis dari marga *Argostemma*, *Astilbe*, *Begonia*, *Cyrtan-*

dra, Dichroa, Gunnera, Gynura, Hydrangea, Impatiens, Lactuca, Lobelia, Lonicera, Lysimachia, Nertera, Ophiorrhiza, Rubus, Solanum, Strobilanthes, dan Viola (Steenis dkk., 1972, 2006). Rekaman Kramer (1926) tentang spesies penyusun komunitas tumbuhan bawah dalam hutan dengan kanopi tertutup antara Ciparay dan Cikahuripan di G. Gede-Pangrango pada elevasi 1.100–1.500 mdpl yang ditambah dengan data dan informasi dari Backer & Bakhuizen van den Brink, Jr. (1965–1968), Sunarno & Rugayah (1992), dan Steenis dkk. (1972, 2006) tercantum dalam Tabel 12.

Tabel 12. Rekaman Kramer (1926) tentang spesies tumbuhan bawah di hutan dengan kanopi tertutup di antara Ciparay dan Cikahuripan di G. Gede-Pangrango pada elevasi 1.100–1.500 mdpl.

Suku	Spesies
ACANTHACEAE	<i>Lepidagathis javanica, Microstrobilus alatua</i> (*), <i>Rungia rungiodes, Strobilanthes blumei</i> (*), <i>Strobilanthes cernua</i> (*)
APIACEAE	<i>Sanicula elata</i>
ARACEAE	<i>Schismatoglottis</i> sp.
ARECACEAE	<i>Calamus javensis</i> (*), <i>Calamus reinwardtii</i> (*), <i>Pinanga coronata</i>
ASTERACEAE	<i>Adenostemma lavenia, Blumea sylvatica, Erechites valerianifolia</i> (*), <i>Erigeron sumatrensis</i> (*), <i>Eupatorium inulifolium</i> (*), <i>Gynura procumbens</i> (*)
BALSAMINACEAE	<i>Impatiens platypetala</i>
BEGONIACEAE	<i>Begonia isoptera, Begonia lepida, Begonia muricata, Begonia robusta</i>
BORAGINACEAE	<i>Tournefortia tetrandra</i>
CAMPANULACEAE	<i>Conodopsis javaniaca</i>
CELASTRACEAE	<i>Perrottetia alpestris</i>
COMMELINACEAE	<i>Pollia hasskarlii</i>
CUCURBITACEAE	<i>Zehneria japonica</i>
CYATHEACEAE	<i>Cyathea contaminans</i> (*)
CYPERACEAE	<i>Carex bacans, Carex cryptotachys, Hypolitrum nemorum</i>
DENNSTAEDTIACEAE	<i>Asplenium nidus, Histiopteris incisa</i>
EUPHORBIACEAE	<i>Sauropus rhamnoides</i>

Suku	Spesies
GESNERIACEAE	<i>Aeschynanthus horsfieldii</i> , <i>Agalmyla parasitica</i> , <i>Cyrtandra coccinea</i> (*), <i>Cyrtandra picta</i> (*), <i>Cyrtandra populiifolia</i> (*), <i>Cyrtandra repens</i> (*), <i>Cyrtandra rostrata</i> (*)
GLEICHENIACEAE	<i>Gleichenia truncata</i> (*), <i>Dicranopteris linearis</i> (*)
HYPOXIDACEAE	<i>Molinieria latifolia</i>
LAMIACEAE	<i>Gomphostemma javanicum</i> , <i>Plectranthus galeatus</i> , <i>Scutellaria discolor</i>
LILIACEAE	<i>Disporum cantoniense</i>
LOBELIACEAE	<i>Lobelia angulata</i> , <i>Lobelia montana</i>
LYCOPODIACEAE	<i>Lycopodium phlegmaria</i>
MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia liliifera</i>
MELASTOMATAACEAE	<i>Medinilla intermedia</i> , <i>Medinilla javanensis</i> , <i>Melastoma malabathricum</i> (*)
MUSACEAE	<i>Musa acuminata</i> (*)
MYRSINACEAE	<i>Ardisia fuliginosa</i>
OLEACEAE	<i>Jasminum pubescens</i>
PANDANACEAE	<i>Freycinetia insignis</i> , <i>Pandanus furcatus</i> (*)
PIPERACEAE	<i>Peperomia laevifolia</i> , <i>Peperomia sulcatum</i>
POACEAE	<i>Axonopus comressus</i> , <i>Cyrtococcum patens</i> , <i>Dinochloa scandens</i> , <i>Isachne albens</i> , <i>Oplismenus compositus</i> , <i>Paspalum conjugatum</i> , <i>Pseudechinolaena polystachya</i> , <i>Setaria palmifolia</i>
POLYGALACEAE	<i>Polygala venenonsa</i>
POLYGONACEAE	<i>Persicaria chinensis</i>
PRIMULACEAE	<i>Lysimachia montana</i>
ROSACEAE	<i>Rubus moluccanus</i> (*)
RUBIACEAE	<i>Argostemma borragineum</i> , <i>Argostemma montanum</i> , <i>Argostemma uniflorum</i> , <i>Lasianthus laevigatus</i> , <i>Lasianthus purpureus</i> , <i>Lasianthus stercorarius</i> , <i>Mussaenda frondosa</i> , <i>Mycetia cauliflora</i> , <i>Neanotis hirsuta</i> , <i>Nertera granadensis</i> , <i>Pavetta indica</i> , <i>Urophyllum arboreum</i>
RUTACEAE	<i>Lavanga sarmentosa</i> , <i>Toddalia asiatica</i>
SCROPHULARIACEAE	<i>Torenia asiatica</i>
SELAGINELLACEAE	<i>Selaginella fimbriata</i> , <i>Selaginella wildenowii</i>
SMILACACEAE	<i>Smilax zeylanica</i>
SOLANACEAE	<i>Solanum ferox</i>
STERCULIACEAE	<i>Sterculia subpeltata</i>
URTICACEAE	<i>Elatostema paludosum</i> (*), <i>Elatostema strigosum</i> (*)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Suku	Spesies
VITACEAE	<i>Cayratia geniculata</i> , <i>Tetrastigma papillosum</i>
ZINGIBERACEAE	<i>Alpinia malaccensis</i> , <i>Amomum coccineum</i> , <i>Hedychium roxburghii</i> , <i>Zingiber inflexum</i>

Ket.: Spesies yang ditandai (*) adalah spesies yang terdapat dalam rumpang, di tepi hutan atau di tempat terbuka lainnya (lihat juga Tabel 24 mengenai spesies sekunder).

Sumber: Ditambah dengan data dan informasi dari Backer & Bakhuizen van den Brink, Jr. (1963–1968), Sunarno & Rugayah (1992), dan Steenis dkk. (1972, 2006).

c. Struktur

Menurut Steenis dkk. (1972, 2006) hutan primer pegunungan di Jawa meliputi “hutan tinggi” dan “hutan rendah”. Berdasarkan strukturnya dan penilaian secara kualitatif hutan tinggi terdiri atas beberapa lapisan dengan komposisi spesies campuran:

Lapisan I, dengan tinggi tajuk 50–60 m, adalah lapisan pohon-pohon *mencuat* (*emergent*) dan spesies yang umum adalah *Altingia excelsa* dan *Dacrycarpus imbricatus*

Lapisan II, dengan tinggi tajuk 30–40 m, adalah lapisan pohon tertutup dan tersusun antara lain oleh *Acer laurinum*, *Astronia spectabilis*, *Distylum stellare*, *Elaeocarpus pierrei*, *Engelhardia spicata*, *Fagraea elliptica*, *Helicia serrata*, *Schima wallichii*, *Vernonia arborea*, dan *Weinmannia blumei*

Lapisan III, dengan tinggi 15–20 m, meliputi pohon-pohon yang jumlahnya banyak tetapi lebih pendek dan berukuran sedang, terdiri atas *Acronychia laurifolia*, *Antidesma tetrandrum*, *Breynia microphylla*, *Glochidion rubrum*, *Orophea hexandra*, *Archidendron clypearia*, *Saurauia bracteosa*, dan *Symplocos henschelii*.

Lapisan IV, dengan tinggi 5–10 m., adalah lapisan yang terdiri atas perdu-perdu dan pohon-pohon kecil berbatang tunggal, seperti *Antidesma tetrandrum*, *Dichroa sylvatica*, *Geniostoma rupestre*, *Lasianthus capitatus*, *Maesa latifolia*, *Mycetia cauliflora*, *Perrottetia alpestris*, dan *Viburnum cylindricum*;

Lapisan V, adalah lapisan paling bawah dan terdapat di lantai hutan yang terutama terdiri atas tumbuhan terna, seperti spesies dari suku *Acanthaceae*, *Apiaceae*, *Araceae*, *Asteraceae*, *Balsaminaceae*, *Campanulaceae*, *Cyperaceae*, *Fabaceae*, *Gesneriaceae*, *Melastomataceae*, *Orchidaceae*, *Polygonaceae*, *Rubiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Urticaceae*, *Violaceae*, dan *Zingiberaceae*.

Di antara lapisan-lapisan ini tumbuh banyak liana (tumbuhan pemanjat) dan epifit. Hutan yang berstruktur seperti ini terdapat sampai elevasi sekitar 2.000 mdpl. Biasanya pohon-pohon semakin rendah dan diameternya semakin kecil sejalan dengan elevasi yang semakin tinggi.

Pelapisan atau stratifikasi hutan di seluruh pegunungan Gede-Pangrango bervariasi, bergantung kepada kondisi setempat, seperti kondisi habitat (topografi, tanah, batuan) dan gangguan sehingga dapat berbeda dari stratifikasi Steenis dkk. (1972, 2006) di atas. Variabilitas stratifikasi ini ditunjukkan oleh Tabel 14 (Yamada, 1975) dan Gambar 31 (MAB Indonesia dkk., 1975). Gambar ini dilukis ulang berdasarkan bagan kasar yang dibuat oleh peserta pelatihan *Regional Postgraduate Training Course on Methods in Tropical Vegetation Analysis* yang diselenggarakan oleh MAB Indonesia, UNESCO dan LBN-LIPI dengan K. Kartawinata sebagai koordinator lapangan. Gambar tersebut menunjukkan empat buah diagram profil hutan pegunungan pada elevasi 1.500 m, 1.600 m, 1.700 m, dan 1.740 m, yang dibuat pada transek yang panjangnya 2.000 m di lereng timur laut G. Gede-Pangrango di belakang KRC. Tampak bahwa stratifikasi hutan secara vertikal tidak selengkap seperti stratifikasi di hutan utuh dan berkembang penuh. Tampaknya di sepanjang transek ini, terutama pada elevasi 1.500 mdpl dan 1.600 mdpl, telah terjadi berbagai gangguan termasuk gangguan alam, seperti pohon tumbang karena umur tua, hujan-angin kencang, dan mungkin juga penebangan pohon oleh pencuri kayu. Sementara itu, pada elevasi 1.700 mdpl dan 1.740 mdpl hutan lebih lebat dan kanopi lebih tertutup, yang mungkin karena hutan tidak banyak terganggu. Di empat profil ini, terutama di profil D, *Schima wallichii* adalah spesies pohon yang menonjol.

Pada diagram profil dalam Gambar 31 C & D tidak mudah untuk membedakan stratifikasi dengan tegas secara visual.

Penyimpangan dari stratifikasi yang dibuat secara kualitatif oleh Steenis dkk. (1972, 2006) ditunjukkan Yamada (1975) di hutan lereng timur laut G. Gede-Pangrango dengan hasil yang sedikit berbeda dari stratifikasi yang diuraikan di atas. Ia menyajikan stratifikasi ini berdasarkan analisis kuantitatif tinggi pohon total dan tinggi bebas cabang sebagai berikut:

Lapisan I: tinggi pohon > 26 m

Lapisan II: tinggi pohon 5–26 m

Lapisan III: tinggi pohon 6–15 m

Lapisan IV: vegetasi lantai hutan < 6 m

Tabel 14 menunjukkan komposisi pohon dalam stratifikasi ini. Di G. Gede-Pangrango, hutan primer dengan struktur seperti ini terdapat dalam bentang hutan pamah sampai hutan pegunungan dengan elevasi yang berkisar dari 700 mdpl sampai 2.000 mdpl. Tabel ini sesuai dengan diagram profil (Gambar 31) yang digambar terpisah di lapangan (MAB Indonesia dkk., 1975). Di tempat lain, seperti di pegunungan tinggi Papua, hutan seperti ini dapat mencapai elevasi 3.000 mdpl (Johns dkk., 2007).

Secara horizontal, struktur hutan biasanya dapat dinyatakan dengan kerapatan tumbuhan, yaitu jumlah individu per satuan luas, misalnya jumlah pohon per hektare (pohon/ha), atau jumlah individu terna per meter persegi. Antara elevasi 1.400 mdpl dan –2.000 mdpl kerapatan pada lereng timur laut G. Gede-Pangrango, Abdulhadi dkk. (1998) mencatat kerapatan rata-rata pohon dengan diameter setinggi dada (DSD) sebesar 445 pohon/ha. Sementara itu, Yamada (1975, 1977) dari lokasi berbeda tetapi pada lereng yang sama mencatat kerapatan yang berkisar dari 427 pohon/ha pada elevasi 1.400 m, 450 pohon/ha pada 1.700 mdpl, 560 pohon/ha pada 1.900 mdpl, sampai 840 pohon/ha pada elevasi 2.100 mdpl. Di sini terlihat bahwa kerapatan pohon meningkat sesuai dengan semakin tingginya elevasi (Tabel 15), tetapi kalau berdasarkan diameternya



pohon-pohon semakin kecil. Akan dilihat nanti kecenderungan ini berlaku pada elevasi yang semakin tinggi. Dalam petak 1 ha pada elevasi 1.500 mdpl, Meijer (1959) mencatat sebanyak 283 batang, sedangkan Rollet dkk. (1976), berdasarkan empat transek dengan luas masing-masing 2 ha pada elevasi 1.460 mdpl–1.860 mdpl, mencatat kerapatan rata-rata 623 pohon/ha. Tabel 13 menunjukkan beberapa spesies dengan jumlah pohon per ha lebih besar dari 15 yang disusun menurut kerapatan yang menurun dan pohon-pohon yang berdiameter lebih besar dari 100 cm. Tampak bahwa *Schima wallichii* mempunyai kerapatan rata-rata tertinggi (76,5 pohon/ha atau 12,3%) disusul oleh *Acronychia laurifolia*, *Macropanax concinnus*, dan *Dacrycarpus imbricatus* dengan kerapatan rata-rata 30,3–34,8 pohon/ha.

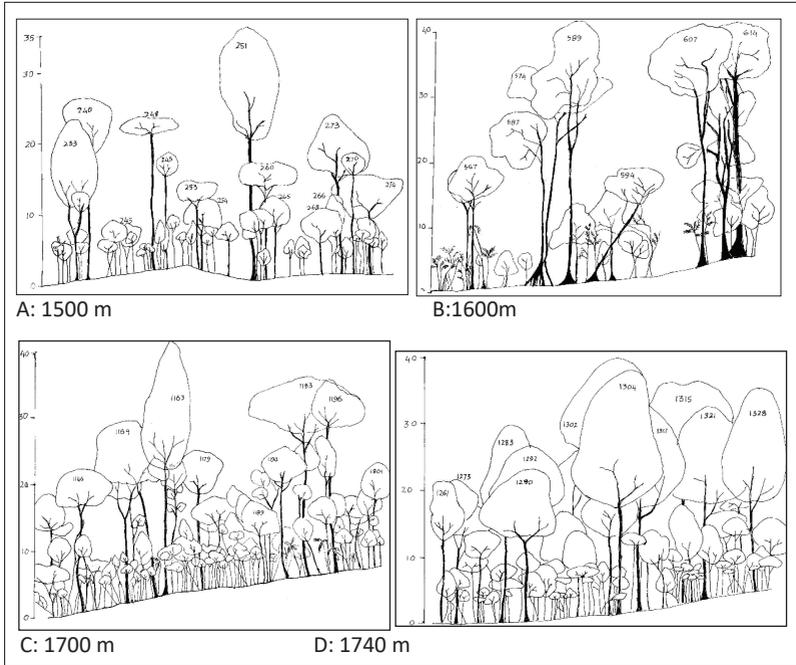
Tabel 13. Spesies pohon dengan jumlah pohon > 15 batang per ha dan pohon dengan DSD \geq 100 cm.

Spesies	SUKU	Rata-Rata Jumlah Pohon/Ha	%	DSD (CM)
<i>Schima wallichii</i>	<i>Theaceae</i>	76,5	12,3	140
<i>Acronychia laurifolia</i>	<i>Rutaceae</i>	34,8	5,6	
<i>Macropanax concinnus</i>	<i>Araliaceae</i>	34,1	5,5	
<i>Dacrycarpus imbricatus</i>	<i>Podocarpaceae</i>	30,3	4,9	180
<i>Castanopsis javanica</i>	<i>Fagaceae</i>	27,9	4,5	170
<i>Syzygium glabratum</i>	<i>Myrtaceae</i>	24,4	3,9	
<i>Polyosma ilicifolia</i>	<i>Escalloniaceae</i>	23,5	3,8	
<i>Macropanax dispermus</i>	<i>Araliaceae</i>	22,3	3,6	
<i>Persea rimosa</i>	<i>Lauraceae</i>	21,5	3,4	
<i>Antidesma tetrandrum</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	20,3	3,2	
<i>Saurauia pendula</i>	<i>Saurauiaceae</i>	18,5	3,0	
<i>Acronodia punctata</i>	<i>Elaeocarpaceae</i>	17,4	2,8	
<i>Turpinia sphaerocarpa</i>	<i>Staphyleaceae</i>	17,1	2,7	
<i>Engelhardia spicata</i>	<i>Juglandaceae</i>	16,1	2,6	150
<i>Polyosma integrifolia</i>	<i>Escalloniaceae</i>	15,4	2,5	
<i>Altingia excelsa</i>	<i>Hammamelidaceae</i>			140

<i>Lithocarpus indutus</i>	<i>Fagaceae</i>	120
<i>Lithocarpus pseudomoluccus</i>	<i>Fagaceae</i>	120
<i>Lithocarpus korthalsii</i>	<i>Fagaceae</i>	120
<i>Castanopsis argentea</i>	<i>Fagaceae</i>	110
<i>Lithocarpus elegans</i>	<i>Fagaceae</i>	100
<i>Platea latifolia</i>	<i>Icacinaceae</i>	100

Sumber: Data dikutip dari Rollet dkk. (1976) dan Yamada (1975, 1977)

Diameter pohon merupakan karakter struktur hutan dan biasanya untuk melukiskan secara keseluruhan dinyatakan dalam diagram kelas diameter. Dari 7 transek dengan luas masing-masing 2 ha, Rollet dkk. (1976) mencatat 7.180 pohon dengan DSD ≥ 10 cm. Dari 7.180 pohon tersebut hanya tercatat 59 tumbuhan pemanjat dalam kelas diameter 10–19 cm dan 6 dalam kelas diameter 20–29 cm atau secara keseluruhan kurang dari 1%. Spesies pohon yang berdiameter besar (DSD > 50 cm) dengan pohon-pohon berjumlah besar adalah *Schima wallichii* (DSD = 50–130 cm; Kerapatan, K = 604), *Dacrycarpus imbricatus* (DSD = 50–180 cm; K = 243) dan *Castanopsis javanica* (50–170 cm; K = 224). Tabel 13 menunjukkan bahwa spesies dari suku *Fagaceae* mengungguli, sedangkan tiga pohon dengan diameter terbesar berturut-turut adalah *Dacrycarpus imbricatus* (180 cm), *Castanopsis javanica* (170 cm), dan *Engelhardtia spicata* (150 cm). Sementara itu, *Schima wallichii* dan *Altingia excelsa* merupakan pohon terbesar berikutnya dengan diameter 140 cm. Seperti telah dikemukakan di atas *Altingia excelsa* yang sering dikatakan sebagai pohon yang menarik dan menonjol ternyata hanya menduduki pohon terbesar keempat dan tidak termasuk kelompok pohon dengan kerapatan ≥ 15 /ha.



Ket.: Pada transek sepanjang 1.500 m pada elevasi A: 1.500 mdpl, dengan spesies utama yang tingginya > 20 m *Acer laurinum*, *Polyosma integrifolia*, *Pyrenaria serrata*, *Schima wallichii*, dan *Turpinia sphaerocarpa* ; B: 1.600 m, dengan spesies utama (tinggi > 20 m) *Castanopsis javanica*, *Lithocarpus pseudomoluccus*, *Magnolia sumatrana* var. *glauca* *Persea rimosa*, dan *Schima wallichii*; C: 1.700 m, dengan spesies utama *Castanopsis javanica*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Engelhardia spicata*, *Platea latifolia*, *Polyosma integrifolia*, *Schima wallichii*, dan *Symplocos costata*; dan D: 1.740 m, dengan spesies utama *Acronichya laurifolia*, *Castanopsis javanica*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Ilex cymosa*, dan *Schima wallichii*, di lereng timur laut G. Gede-Pangrango.

Sumber: Digambar ulang (dengan izin) dari bagan kasar di lapangan dalam laporan tidak diterbitkan yang dibuat peserta pelatihan yang diselenggarakan oleh MAB Indonesia, UNESCO, dan Lembaga Biologi Nasional-LIPI, tentang *Regional Post-graduate Training Course on Methods in Tropical Vegetation Analysis*, Bogor, 1–20 September 1975 (MAB Indonesia dkk. (1975).

Gambar 31. Diagram Profil Hutan Pegunungan



Foto: H. Soedjito (2007)

Gambar 32. *Dacrycarpus imbricatus* merupakan pohon besar dengan DSD sampai 180 cm dan kerapatan rata-rata sekitar 30 pohon/ha di hutan pegunungan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Foto: H. Soedjito (2007)

Gambar 33. *Asplenium nidus*, yang dikenal dengan nama umum sebagai tumbuhan paku sarang burung, merupakan epifit yang tumbuh pada batang dan dahan pohon di hutan pamah dan hutan pegunungan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Ket.: Spesies pohon ini sering dikatakan sebagai pohon yang menarik dan menonjol yang hanya menduduki pohon terbesar keempat dan tidak termasuk kelompok pohon dengan kerapatan $\geq 15/\text{ha}$. Pohon dalam foto ini tumbuh di tepi hutan sebelah KRC.

Foto: K. Kartawinata (2002)

Gambar 34. *Altingia excelsa* merupakan pohon besar dengan diameter DSD sampai 140 cm.

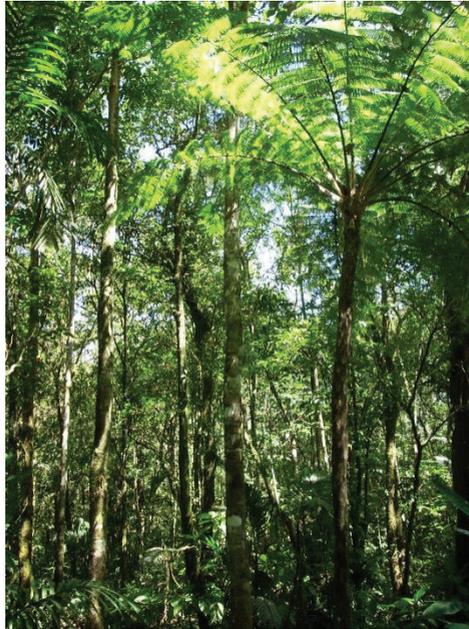


Foto: H. Soedjito (2007)

Gambar 35. *Cyathea contaminans* merupakan paku pohon yang biasanya tumbuh dalam hutan pegunungan dengan kanopi terbuka (rumpang) atau di tepi hutan yang terpapar ke cahaya langsung.

Tabel 14. Kerapatan (K = jumlah pohon dengan DSD \geq 10 cm per ha) dan dominansi nisbi (DN =% area dasar pohon) dari 12 spesies utama dalam lapisan I–III dalam petak 1 ha pada elevasi 1.600 mdpl di lereng timur-laut G. Gede-Pangrango.

Spesies	Lapisan I		Lapisan II		Lapisan III		Total	
	K	DN (%)	K	DN (%)	K	DN (%)	K	DN (%)
<i>Schima wallichii</i>	35	30,57	9	8,97	3	1,34	47	25,12
<i>Castanopsis javanica</i>	20	25,02	11	10,15	6	2,54	37	7,61
<i>Persea rimosa</i>	11	6,81	13	9,51	4	1,45	30*	7,61*
<i>Polyosma ilicifolia</i>			11	9,39	4	1,47	15	1,20

Spesies	Lapisan I		Lapisan II		Lapisan III		Total	
	K	DN (%)	K	DN (%)	K	DN (%)	K	DN (%)
<i>Turpinia sphaerocarpa</i>			5	3,27	14	10,37	24*	1,23*
<i>Lithocarpus pseudomoluccus</i>	9	5,29	6	4,13	7	3,08	22	4,83
<i>Nelitris fruticosa</i>			13	4,86	7	2,97	20	0,76
<i>Vernonia arborea</i>	6	4,68	9	7,34	4	1,63	19	4,64
<i>Symplocos fasciculata</i>			2	0,78	13	5,83	16*	0,49*
<i>Polyosma integrifolia</i>	3	0,61	9	6,83	4	1,36	16	1,37
<i>Saurauia pendula</i>					44	35,67	46*	2,24*
<i>Ficus ribes</i>					10	4,76	10	0,29
Spesies lain	32	27,02	35	20,69	51	27,53	125	42,61
Jumlah dalam petak	116	100,0	123	79,31	171	100,0	427	100,0

Ket.: Hanya spesies yang jumlah pohonnya per ha ≥ 10 yang dicatat dalam daftar ini

Sumber: Diambil dan diolah dengan izin dari Tabel 3 dalam Yamada (1975)

Dari Tabel 14 tampak bahwa baik dari segi DN (dominansi nisbi) maupun K (kerapatan) *Schima wallichii* dan *Castanopsis javanica* adalah dua spesies yang menguasai pada Lapisan I disusul oleh *Persea rimosa* dan *Lithocarpus pseudomoluccus*, sedangkan spesies lain bernilai DN dan K kecil. Pada tingkat suku lapisan ini dikuasai oleh *Theaceae*, *Fagaceae*, dan *Lauraceae*. Dalam Lapisan II spesies yang menonjol dengan DN yang agak tinggi dan sebanding adalah *Castanopsis javanica*, *Persea rimosa*, *Polyosma ilicifolia*, dan *Schima wallichii*, sedangkan pada Lapisan III *Saurauia pendula* adalah yang paling menonjol diikuti oleh *Turpinia sphaerocarpa*. Dilihat dari tiga lapisan secara keseluruhan *Schima wallichii* adalah spesies yang dominan. Bersama dengan spesies menonjol berikutnya *Castanopsis javanica* dan *Persea rimosa*, ketiga spesies ini mempunyai nilai luas area dasar (seperti dinyatakan dalam DN) yang jauh lebih besar daripada DN spesies lainnya.

Dari petak cuplikan 1.000 m², Yamada (1975, 1977) mencatat 22 spesies pohon dengan DSD ≥ 10 cm. Spesies menonjol dengan AD 50–100 cm² berturut-turut adalah *Antidesma tetrandrum*, *Ardisia fuliginosa*, *Eurya acuminata*, *Nelitris fruticosa*, *Persea rimosa*, dan

Turpinia sphaerocarpa. Sementara itu terdapat delapan spesies perdu (dengan spesies yang paling menonjol *Strobilanthes cernua* dan diikuti oleh *Magnolia liliifera*, *Saurauia reinwardtiana*, *Viburnum lutescens*, *Claoxylon glabrifolium*, *Lasianthus* sp., dan *Saurauia blumeana*), satu spesies palem (*Pinanga coronata*), dua spesies paku pohon (*Cyathea contaminans* dan *Cyathea raciborskii*), dan dua spesies terna (*Cyrtandra* sp. dan *Etlingera solaris*). Dalam Lapisan V yang berupa vegetasi lantai hutan tercatat satu spesies pohon, enam spesies perdu (yang menonjol adalah *Strobilanthes cernua*, *Ardisia fuliginosa*, dan *Psychotria divergens*), 14 spesies terna (yang menonjol adalah *Cyrtandra picta* dan *Elatostema paludosum*) delapan spesies pemanjat (yang menonjol adalah *Ficus lanata*, *Smilax* sp. dan *Tetrastigma* sp.), 4 spesies tumbuhan merayap, 11 spesies paku-pakuan (yang paling menonjol adalah *Cyathea raciborskii*), satu spesies palem dan satu spesies anggrek.

Tabel 15. Kerapatan (K = pohon per ha) dan Dominansi Nisbi (DN = area dasar nisbi) spesies pohon dengan DSD \geq 10 cm pada elevasi 1.600, 1.700 m, 1.900 m, 2.100 m, dan 2.300 mdpl di lereng timur-laut G. Gede-Pangrango, TNGGP-CB Cibodas.

Spesies	Elevasi (m)									
	Petak 1		Petak 2		Petak 3		Petak 4		Petak 5	
	1600	1.700	1.900	2.100	2.300					
	K	DN	K	DN	K	DN	K	DN	K	DN
<i>Schima wallichii</i>	47	25,12	80	32,31	150	42,55	290	43,63	70	11,75
<i>Dacrycarpus imbricatus</i>	1	0,38	30	0,38	30	37,74	30	34,57	30	11,89
<i>Acronodia punctata</i>	2	0,14	10	0,90	70	4,64	20	3,43	80	4,84
<i>Macropanax undulatus</i>	1	0,02			40	1,20	70	1,81		
<i>Polyosma ilicifolia</i>	15	1,20			30	1,81	250	16,18	340	16,36
<i>Lithocarpus korthalsii</i>	1	0,48					10	1,25	10	1,18
<i>Lithocarpus elegans</i>	3	0,68					30	0,17	80	15,71
<i>Astronia spectabilis</i>	5	0,21	20	0,19			40	6,16	50	19,16
<i>Prunus arborea</i>	1	0,02					20	3,75		
<i>Engelhardia spicata</i>	2	1,96	30	5,86	20	1,17				
<i>Macropanax dispermus</i>	7	1,23	10	0,31	40	1,70				
<i>Acronychia laurifolia</i>	4	0,25	10	0,16	10	0,14				
<i>Castsanopsis javanica</i>	37	21,01	50	3,48	10	2,82				
<i>Saurauia pendula</i>	46	2,24	20	0,31						
<i>Turpinia sphaerocarpa</i>	24	1,23	40	1						

Spesies	Elevasi (m)									
	Petak 1		Petak 2		Petak 3		Petak 4		Petak 5	
	1600		1.700		1.900		2.100		2.300	
	K	DN	K	DN	K	DN	K	DN	K	DN
<i>Lithocarpus rotundatus</i>	5	5,75	20	1,57						
<i>Magnolia sumatrana</i> var. <i>glauca</i>	3	0,16	10	0,20						
<i>Vernonia arborea</i>	19	4,64	20	7,58						
<i>Rpanea hasseltii</i>			10	0,56						
<i>Symplocos fasciculata</i>	16	0,49	10	0,13						
<i>Hypobathrum frutescens</i>	2	0,04	10	0,19						
<i>Homalanthus populneus</i>			10	0,23						
<i>Syzygium glabratum</i>			10	0,65					20	0,75
<i>Neolitsea javanica</i>					60	5,44			20	1,58
<i>Acer laurinum</i>					40	0,91	40	12,50		
<i>Prunus</i> sp.					20	2,08				
<i>Symplocos cochinchinensis</i> var. <i>laurina</i>					20	0,38	10	1,04		
<i>Glochidion macrocarpum</i>	1	0,26			19	1,41				
<i>Ardisia javanica</i>					10	0,14				
<i>Lindera polyantha</i>							10	0,47		
<i>Weinmannia blumei</i>							10	3,18		
<i>Geniostoma rupestre</i>							10	0,15	10	0,15
<i>Leptospermum polygali- folium</i>							10	2,17		
<i>Myrsine affinis</i>									250	12,60
<i>Eurya obovata</i>									180	16,34
<i>Meliosma nervosa</i>									10	0,19
<i>Lithocarpus pseudomoluccus</i>	22	4,83								
<i>Geniostoma arboreum</i>							10	0,25		
<i>Decaspermum fruticosum</i> var. <i>polymorphum</i>	20	0,76								
<i>Polyosma integrifolia</i>	16	1,37	6	4,72						
<i>Ficus ribes</i>	10	0,29								
Spesies lain (30)	72									
Kerapatan	427		560		840		1100		1090	
Jumlah spesies	57		16		15		16		12	

Ket.: K pada Petak 2–Petak 5 merupakan hasil konversi dari jumlah pohon per 1.000 m (N dalam data asli) menjadi jumlah pohon per ha. Nama spesies telah disesuaikan dengan The Plant List. Petak 1 = 1 ha; Petak 2–Petak 5 masing-masing = 0.1 ha.

Sumber: Data dikutip dan diolah dengan izin dari Tabel 3 dalam Yamada (1975) dan Tabel 2, 3, 4, & 5 dalam Yamada (1977).

Tabel 16. Jumlah pohon (N) dengan DSD ≥ 10 cm dan Dominansi Nisbi (DN =% area dasar pohon) dari spesies lapisan I–III dalam petak 1.000 m² pada elevasi 2.300 mdpl di lereng timur laut G. Gede-Pangrango.

Spesies	Lapisan I		Lapisan II		Lapisan III		Total	
	N	DN (%)	N	DN (%)	N	DN (%)	N	DN (%)
<i>Astronia spectabilis</i>	3	21,8	2	15,9			5	19,16
<i>Polyosma ilicifolia</i>	2	4	30	32,8	2	53,8	34	16,36
<i>Eurya obovata</i>	3	9,9	14	24,4			17	15,79
<i>Lithocarpus elegans</i>	8	27,2					8	15,71
<i>Myrsine affinis</i>	9	10,1	16	16,6			25	12,68
<i>Schima wallichii</i>	4	18,4	3	2,8			7	11,75
<i>Acronodia punctata</i>	1	3,2	6	6,7	1	22,0	8	4,84
<i>Neolitsea javanica</i>	1	2,4	1	0,4			2	1,58
<i>Syzygium glabratum</i>	1	0,9			1	24,1	2	0,75
<i>Lithocarpus korthalsii</i>	1	2,0					1	1,18
<i>Meliosma nervosa</i>			1	0,5			1	0,19
Jumlah dalam petak	33	100,0	73	100,0	4	100,0	110	100,00
Jumlah spesies dalam petak	10		8		3		11	

Sumber: Data dikutip dan diolah dengan izin dari Tabel 5 dalam Yamada (1977).

Dari Tabel 16 tampak bahwa pada elevasi 2.300 mdpl, hutan secara struktural masih terdiri atas 3 lapisan, seperti pada elevasi 1.600 mdpl, tetapi kerapatan pohon (N = jumlah pohon/1000 m²) dan jumlah spesies lebih kecil. Pohon tertinggi (27 m) dalam petak ini adalah *Lithocarpus elegans*. Secara keseluruhan pada elevasi ini (yang diwakili oleh petak ini) spesies yang kodominan (nilai DN > 10) berturut-turut adalah *Astronia spectabilis*, *Polyosma ilicifolia*, *Eurya obovata*, *Lithocarpus elegans*, *Myrsine affinis*, dan *Schima wallichii*. Spesies tersebut merupakan pohon-pohon yang paling banyak seperti terlihat dari kerapatannya. Hampir semua spesies terdapat pada Lapisan I, tetapi yang menonjol hanya tiga, yaitu *Lithocarpus elegans*, *Astronia spectabilis*, dan *Schima wallichii*. Lapisan II didominasi oleh *Polyosma ilicifolia*, *Myrsine affinis*, dan *Eurya obovata*. Spesies menonjol pada lapisan III adalah *Polyosma ilicifolia*. Belta pohon-pohon tinggi seperti *Lithocarpus elegans*, *Dacrycarpus imbricatus*, dan *Schima wallichii* juga terdapat di sini. Yamada (1977)

menegaskan kenyataan bahwa kerapatan pohon *Polyosma ilicifolia*, *Myrsine affinis*, dan *Eurya obovata* tinggi dan mempunyai area dasar yang setingkat dengan *Lithocarpus elegans* atau *Schima wallichii* menunjukkan bahwa petak ini terletak pada zona transisi antara zona hutan pegunungan dan zona hutan subalpin. Selanjutnya dikatakan bahwa vegetasi lantai hutan pada elevasi ini tidak begitu kaya; *Carex* sp. tumbuh terpecah dan di sini dapat ditemukan anakan *Dacrycarpus imbricatus*, spesies paku-pakuan seperti *Blechnum* sp., *Cyathea latebrosa*, *Dryopteris* sp., *Plagiogyria glauca*, dan *Polypodium* sp. Spesies epifit menjadi jarang dan yang tampak hanya *Vaccinium laurifolium*, *Schefflera* sp., *Schefflera scandens*, *Asplenium caudatum*, *Elaphoglossum* sp., dan *Hymenophyllum* sp.

Dari total 146 spesies pohon, 41 spesies mempunyai frekuensi paling rendah, yaitu masing-masing hanya muncul satu kali dalam petak yang diamati Yamada (1977). Seperti telah dikemukakan sebelum ini jika secara rata-rata suatu spesies mempunyai nilai frekuensi rendah sekali dan terdapat hanya satu atau beberapa individu per hektare, spesies tersebut dapat dianggap langka secara lokal (Hubbell & Foster, 1986), yang belum tentu mencerminkan kelangkaan dalam skala global seperti yang didefinisikan oleh kriteria IUCN. Sementara itu, dikatakan bahwa spesies yang mempunyai frekuensi tinggi atau yang mempunyai sebaran yang luas tidak dapat dikatakan sebagai spesies yang dominan. Berikut ini adalah evaluasi dari beberapa spesies yang frekuensinya tinggi dengan status dominansinya yang dapat dianggap mencirikan hutan pegunungan (lihat juga Tabel 14 dan Gambar 34).

- 1) *Acronodia punctata* mempunyai frekuensi tertinggi dan mempunyai DN hanya 0,22% pada elevasi 1.600 m, naik menjadi kurang dari 5% pada elevasi 2.300 m dan mencapai nilai tertinggi 22,7% pada elevasi 2.400 m, kemudian turun kembali menjadi 7,8% pada elevasi 2.600 m. Jadi, meskipun spesies ini tersebar luas nilai dominansi maksimum terjadi pada elevasi 2.400 m.
- 2) *Schima wallichii* dengan DN mencapai 25% pada elevasi 1.600 m dan terus naik dan mencapai DN maksimum 44% pada elevasi



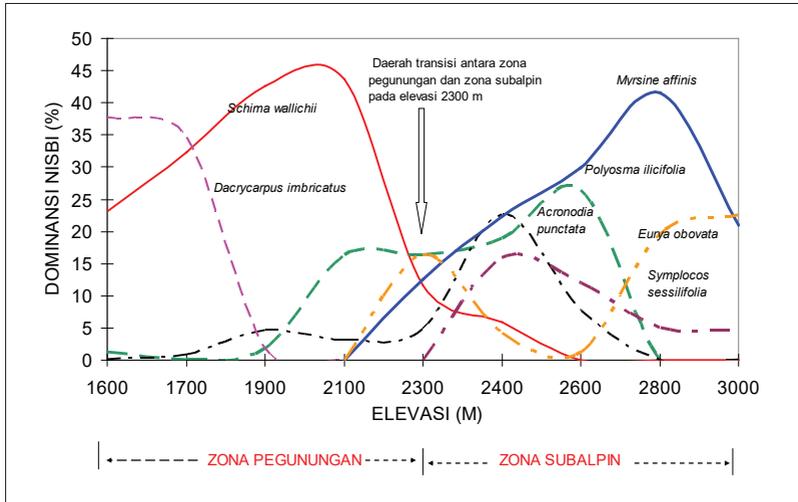
2.100 m, kemudian menurun sampai elevasi 2.400 m sehingga spesies ini dapat dianggap dominan dari elevasi 1.600 sampai 2.100 m.

- 3) *Myrsine affinis* muncul pada elevasi 2.300 m, yaitu pada bagian atas dari hutan pegunungan, dan mencapai DN maksimum pada elevasi 2.800 m serta merupakan spesies dominan di hutan subalpin bawah (lihat Tabel 17 dan 18). Sebenarnya spesies ini merupakan varian elevasi tinggi dari *Rapanea arenis* yang tersebar pada elevasi lebih rendah. (Backer & Bakhuizen van den Brink, 1965).
- 4) *Dacrycarpus imbricatus* jarang terdapat pada elevasi 1.600 m tetapi pada elevasi 1.700 m dan 1.900 m menjadi lebih penting dengan DN sekitar 35% dan menurun lagi sampai elevasi 2.600 m.
- 5) *Eurya obovata* muncul pada elevasi 2.300 m dan menjadi lebih penting pada elevasi di atas 2.600, terutama pada elevasi 2.800 m dan 3.000 m (Tabel 17) sehingga sebenarnya lebih mencirikan hutan subalpin bawah.

Rollet dkk. (1976), dalam tujuh petak dengan luas masing-masing dua ha pada topografi lereng di sebelah barat transek Abdulhadi dkk. (1988), mencatat jenis pohon dengan kerapatan ($K = \text{jumlah pohon/ha}$) tertinggi adalah *Schima wallichii* ($K = 133$). Spesies lain tercatat mempunyai $K < 60$ dan spesies dengan $K = 10-60$ adalah *Acer laurinum*, *Acronodia punctata*, *Acronychia laurifolia*, *Antidesma tetrandrum*, *Astronia spectabilis*, *Castanopsis javanica*, *Cyathea latreosa*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Eurya acuminata*, *Ficus ribes*, *Flacourtia rukam*, *Magnolia sumatrana* var. *Glauca*, *Oreocnide rubescens*, *Persea rimosa*, *Polyosma ilicifolia*, *Polyosma integrifolia*, *Saurauia pendula*, *Syzygium glabratum*, *Turpinia montana*, dan *Pygeum* sp. Dari segi kerapatan jelas bahwa *Schima wallichii* adalah spesies yang dominan.

Dari 110 spesies pohon dengan DSD ≥ 10 cm dalam petak dengan luas total 8 ha (Rollet dkk., 1976) hanya 37 spesies mempunyai diameter lebih dari 50 cm dan hanya enam spesies mempunyai diameter lebih dari 100 cm, yaitu, *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Engelhardia spicata*, *Lithocarpus*

elegans, dan *Schima wallichii*. *Altingia excelsa* merupakan spesies pohon terbesar dengan diameter lebih dari 140 cm yang pernah tercatat di G. Gede-Pangrango, tetapi jumlah individunya sedikit (Tabel 13). Sementara spesies yang paling tinggi jumlahnya berturut-turut adalah *Schima wallichii*, *Dacrycarpus imbricatus*, dan *Castanopsis javanica*.



Sumber: Diolah dengan izin dari Tabel 8 dalam Yamada (1977)

Gambar 36. Perubahan dominansi spesies sepanjang gradasi elevasi 1.600, 1.700 m, 1.900 m, 2.100 m, dan 2.300 mdpl di lereng timur-laut G. Gede-Pangrango, TNGGP-CB Cibodas.

Dalam struktur hutan dapat dimasukkan juga: (1) banir, yang terdapat pada pangkal batang beberapa jenis pohon pegunungan, dan biasanya berukuran lebih kecil serta tidak sebanyak di hutan pamah; dan (2) akar tunjang, yang dijumpai pada pohon *Castanopsis acuminatissima*, *Elaeocarpus oxypyren*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Lithocarpus* spp., *Pandanus* spp., dan kadang-kadang juga pada perdu *Strobilanthes*, pohon palem, terna tertentu, seperti jahe-jahean, *Ophiopogon*, dan *Peliosanthes* (Steenis dkk., 1972, 2006)

d. Karakteristik lain spesies hutan

Penelitian terkini tentang karakteristik hutan menyangkut spesies asli atau lokal di Cagar Biosfer Cibodas banyak dilakukan selain penelitian terdahulu. Pengamatan kesintasan dan pertumbuhan satu tahun pertama delapan jenis lokal di area restorasi di zona inti Cagar Biosfer Cibodas yang dilakukan tim Kebun Raya Cibodas (Rahman dkk., 2011) menyimpulkan bahwa rata-rata kesintasan tanaman yaitu 85,71%. Spesies pohon yang memiliki kesintasan paling tinggi, yaitu *Syzygium lineatum* (96,66%), sedangkan yang terendah adalah *Dacrycarpus imbricatus* (66,66%). Keragaman terbaik di tahun pertama ditunjukkan oleh *Dacrycarpu imbricatus*, yang diikuti oleh *Syzygium lineatum*, *Altingia excelsa*, *Alstonia scholaris*, *Schima wallichii*, *Magnolia blumei*, dan *Castanopsis argentea*. Spesies *Sloanea sigun* menunjukkan keragaan yang kurang baik. Handayani dkk. (2019) mengevaluasi kembali kesintasan dan pertumbuhan spesies-spesies tersebut bersama 12 spesies pohon lain di area restorasi Cagar Biosfer Cibodas, yang menunjukkan bahwa berdasarkan pengamatan pada umur 6 bulan, yang paling tinggi daya sintasnya adalah *Altingia excelsa* dan *Castanopsis javanica* (80%), sedangkan yang terendah (33,3%) adalah *Castanopsis tunggurut*. *Schiima walichii* menunjukkan pertumbuhan yang terbaik di antara jenis lokal yang diteliti.

Spesies-spesies tersebut semakin langka sehingga perlu diperbanyak dan ditanam di wilayah zona inti di beberapa area. Yang sudah diperbanyak dan dibagikan penanamannya dengan melibatkan masyarakat dan LSM seperti Relawan Peduli Alam Lokatmala antara lain: *Altingia excelsa*, *Magnolia blumei*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Elaeocarpus sphaericus*, *Castanopsis javanica*, *Lithocarpus indutus*, dan *Castanopsis argentea*.

Penelitian perbanyak menggunakan stek pucuk seperti puspa telah dilakukan dengan penggunaan mikoriza dan hasilnya menunjukkan bahwa pemberian *Glomus* sp. memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertambahan tinggi batang bibit stek pucuk *Schima wallichii* tetapi tidak berbeda nyata pada pertambahan jumlah daun dan berat kering tanaman (Yulia, 2017). *Schima wallichii* dikenal karena kayunya walaupun kualitasnya tergolong sedang dan bila

sudah diawetkan dapat dibuat kayu lapis dan papan serat. *Alstonia scholaris* dikenal karena kayunya walau tergolong kualitas rendah, namun dalam bidang farmasi dikenal karena kulitnya mengandung alkaloid yang dapat digunakan sebagai obat (Zuraida dkk., 2017; Silalahi, 2019). Potensi kulit batang pulai di zona inti Cagar Biosfer sebagai obat juga diteliti oleh Chelviana dkk. (2019) selain studi morfologi dan habitat.

Penelitian keragaman genetik 11 aksesi *Alstonia scholaris* dari berbagai tempat di Indonesia yang sudah ditanam di Kebun Raya (KR) Bogor, KR Eka Karya Bali, dan KR Purwodadi dan lainnya langsung diperoleh dari Sumatra Barat, Sumatra Utara, Kalimantan, dan Jambi. Berdasarkan analisis polimorfik menggunakan RAPD dengan 26 primer menunjukkan bahwa kesamaan genetik terdekat adalah antara aksesi Jambi dan Dieng, sedangkan sampel dari Bali Barat mempunyai level kesamaan dengan sampel dari Sumba Barat (Poerba, 2007). Pendugaan keragaman genetik di dalam dan antar *provenance Alstonia scholaris* dilakukan berdasarkan penanda molekuler RAPD (Hartati dkk., 2007). *Dacrycarpus imbricatus* (*Podocarpaceae*) dikenal karena kayunya walaupun tidak tahan lama bila tidak langsung dimanfaatkan namun mempunyai potensi lain yang mempunyai nilai ekonomi seperti resin dan untuk upacara adat (Sumantera, 2004). DNA *barcoding* spesies *Podocarpaceae* telah dilakukan untuk mempermudah identifikasi (Little dkk., 2013).

Hiperdominansi jenis dan biomassa pohon di zona inti juga diteliti oleh tim Kebun Raya Cibodas dan hiperdominansi spesies terjadi di hutan zona inti TNGGP. Empat dari 114 spesies yang teridentifikasi, yaitu *Altingia excelsa*, *Castanopsis acuminatissima*, *Schima wallichii*, dan *Vaccinium varingiaefolium* merepresentasikan 56,96% dari total biomassa pohon yang ada di plot TNGGP. Pohon kecil dan besar merupakan penyumbang biomassa yang sangat signifikan dibandingkan pohon sedang (Rozak dkk., 2017).

Penelitian dengan menggunakan teknik molekuler untuk mempersingkat waktu dan dapat dikombinasikan teknik konvensional akan memberikan hasil yang lebih akurat dan singkat. Spesies lokal

tersebut ada yang diteliti untuk pemanfaatan lebih lanjut karena berpotensi. Penelitian untuk obat dilakukan untuk mengetahui bahan aktif seperti pada daun *Altingia excelsa* menghasilkan apigenin sebagai antibakteri *Staphylococcus faecalis* (Anwar, 2018a), dan sebagai antikanker (Anwar, 2018b).

2. Komunitas rawa, danau, dan air terjun

Flora dalam habitat khusus ini kaya dan menarik seperti diuraikan Steenis dkk. (1972, 2006). Dalam lingkungan hutan pegunungan terdapat rawa Cibeureum di tepi dasar sebuah air terjun, yang hampir seluruhnya ditumbuhi *Phragmites karka* dan *Gunnera macrophylla*, dengan beberapa spesies sekunder tumbuh di antaranya. Dinding batuan air terjun ditumbuhi komunitas murni *Elatostema lancifolium* dan *Pilea melastomoides*, sedangkan dinding batu di belakang air terjun ditumbuhi ganggang dan lumut, seperti *Sphagnum*. Pada batuan ini tumbuh juga spesies yang biasanya hidup sebagai epifit, seperti spesies *Orchidaceae* dan *Rhododendron javanicum*. Di sini tumbuh pula *Polygonum pleibeium*, yang biasanya terdapat pada elevasi lebih tinggi. Dekat air terjun banyak ditemukan paku-pakuan, termasuk paku pohon,

Selain itu, di kawasan hutan pegunungan di Gede-Pangrango terdapat juga rawa gambut Gayonggong (Steenis, 1941) dengan ketebalan gambut sampai 1 meter. Komunitas rawa gambut ini ditumbuhi jenis-jenis *Juncus effusus*, *Sphagnum*, dan *Xyris capensis*, serta berbagai spesies khas rawa, seperti *Carex capillacea*, *Carex graeffeana*, *Carex jackiana*, *Carex maculata*, *Carex nubigena*, *Carex phacota*, *Eleocharis tetraquetra*, *Eriocaulon brownianum*, *Eriocaulon sollyanum*, *Fimbristylis consanguinea*, *Gallium subtrifidum*, *Isolepis fluitans*, *Kyllinga melanosperma*, *Pycneus flavidus*, dan *Rhynchospora rugosa*. Di Jawa, *Carex graeffeana* hanya ditemukan di sini. Spesies rawa lain adalah *Juncus effusus*, *Juncus prismatocarpus*, *Oenanthe javanica*, *Parochetus communis*, *Potamogeton octandrus*, dan *Xyris capensis*. Dalam kawasan hutan pegunungan terdapat juga danau yang tepinya berbatasan langsung dengan hutan (Gambar 38).

Dalam statistik TNGGP 2017 (Adison, 2017) terdaftar ekosistem lahan basah yang belum banyak diteliti sebagai berikut: (1) Danau Mandalawangi Resort Mandalawangi, berupa danau air tawar (1 ha); (2) Telaga Biru Resort Cibodas Telaga (0,5 ha); (3) Rawa Gayong-gong, Resort Cibodas, rawa air tawar (1 ha); (4) Rawa Denok, Resort Cibodas, rawa air panas (1,5 ha); (5) Situgunung, Resort Situgunung, danau (3 ha); (6) Rawa Gede, Resort Mandalawangi, rawa air tawar (1 ha); (7) Rawa Saladah, Resort Cibodas, rawa air tawar (0,1 ha); (8) Air Panas, Resort Cibodas, vegetasi air panas (0,5 ha); dan (9). Sungai–Sungai., ekosistem reofit (65,3 ha).



Foto: H. Soedjito (2007)

Gambar 37. Rawa Gayongong, yang terdapat dalam lingkungan hutan pegunungan G. Gede-Pangrango, didominasi *Phragmites karka* dan banyak jenis-jenis suku *Cyperaceae*.



Foto: H. Soedjito (2007)

Gambar 38. Telaga Biru yang berkembang di dalam lingkungan hutan pegunungan.



Ket.: Di kawasan ini banyak ditemukan paku-pakuan, termasuk paku pohon. Dinding batuan air terjun tertutup komunitas murni *Elatostema lancifolium* dan *Pilea melastomoides* dan dinding batu di belakang air terjun ditumbuhi ganggang dan lumut, seperti *Sphagnum*

Foto: H. Soedjito (2007)

Gambar 39. Air terjun di Cibeureum dengan rawa di bawahnya dan komunitas lumut dan terna di sekitarnya.

C. Vegetasi Subalpin

Docters Van Leeuwen (1933), Direktur Kebun Raya Bogor (1918–1932), mengadakan studi jangka panjang tentang hubungan antara hewan dan tumbuhan yang terdapat di daerah tinggi G. Gede-Pangrango. Ia mengamati iklim, biologi bunga, pemencaran biji dan buah, periodisitas dan segi-segi terkait lainnya. Hasil penelitian ini diterbitkan tahun 1933 dalam sebuah monograf berjudul *Biology of plants and animals occurring in the higher parts of Mount Pangrango-Gedeh in West Java*. Pada 31 Mei 2021, *Koninklijke Akademie van Wetenschappen* telah memberikan izin kepada penulis untuk memanfaatkan secara bebas data dan informasi dalam penerbitan Docters Van Leeuwen (1933). Hasil penelitian Docters van Leeuwen ini banyak dikutip dalam tulisan ini, terutama dalam Bab VIII tentang biologi tumbuhan.

1. Hutan Subalpin

a. Pertelaan Umum

Docters van Leeuwen (1933) menamakan vegetasi pada elevasi di atas 2.400 m sebagai vegetasi *alpinoid*, yang mempunyai karakter mirip vegetasi alpin. Menurut The Concise Oxford Dictionary of Botany (Alaby, 1992), zona alpin (*alpine zone*) adalah kawasan yang terdapat antara batas-pohon (*tree-line*) dan batas-salju (*snow-line*) di pegunungan beriklim sedang dan tropik, yang dicirikan oleh vegetasi tanpa pohon. Dalam garis besar klasifikasi vegetasi di Indonesia (Tabel 10) vegetasi *alpinoid* pada elevasi 2.400–3.500 m dinamakan vegetasi *subalpin* (Kartawinata, 2006).

Schmucker (1926) dan Schröter (1928) menyatakan bahwa penamaan hutan di Lebak Saat dan Kandang Badak pada elevasi 2.400 mdpl sebagai hutan alpin tidak tepat. Menurut Schmucker (1926), gunung-gunung di Jawa Barat dan Jawa Tengah yang tingginya sampai lebih dari 3.300 mdpl batas-pohon belum terbentuk. Ia mencontohkan juga puncak G. Sumbing dengan elevasi 3.371 mdpl yang masih tumbuh pohon-pohon *Vaccinium varingiaefolium* dan *Paraserianthes lophantha* dengan tinggi 3–4 m. Ditunjukkan pula



bahwa bagian teratas dari G. Semeru di Jawa Timur yang tingginya 3.680 mdpl terdiri atas abu gunung yang belum melapuk dan tidak tertutup tumbuhan. Di perbatasan dengan hutan, pohon *Casuarina*, dengan tinggi lebih dari 8 m, tumbuh dengan baik dan mempunyai potensi untuk berkembang sampai ke puncak gunung. Dari fakta tersebut dapat disimpulkan bahwa di gunung-gunung di Jawa batas-pohon tidak terbentuk sehingga tidak akan ditemukan flora alpin.

Steenis dkk. (1972, 2006) menamakan hutan subalpin sebagai hutan *elfin*. Disebut hutan *elfin* karena lingkungan dalam hutan ini menyeramkan dan memberi kesan hutan dihuni hantu atau peri (*elf*). Kesan seram ini tercipta oleh kehadiran lumut kerak *Usnea*, yang mirip janggut dan tumbuh lebat menggantung dan melambai-lambai pada cabang dan ranting pohon. Hening tanpa suara, kecuali suara burung yang jarang terdengar, menambah kesan lingkungan yang menyeramkan ini. Di hutan pegunungan pada elevasi yang lebih rendah, lumut dan lumut kerak jarang tumbuh selebat itu.

Docters van Leeuwen (1933) mengemukakan bahwa di Pegunungan Alpen Eropa vegetasi alpin sebagian besar tersusun oleh tumbuhan yang membentuk bantal atau tumbuhan bantal (*cushion plant*) dan perdu pendek yang ranting-rantingnya melekat pada permukaan tanah. Di puncak-puncak gunung di Jawa tidak terdapat tumbuhan alpin sejati. Spesies yang paling mendekati tumbuhan alpin adalah *Gaultheria nummularioides*, yang merupakan tumbuhan merayap dan berakar dari ranting-rantingnya. Tumbuhan bantal juga tidak ditemukan di gunung-gunung di Jawa dan spesies yang paling menyerupai adalah *Gentiana quadrifaria*. Selanjutnya ia mengatakan bahwa pengertian vegetasi alpin terkait dengan konsep batas pohon. Di daerah tropik flora alpin sejati hanya dapat berkembang pada elevasi lebih tinggi di atas batas pohon pada elevasi 4.000–5.000 mdpl, seperti di Puncak Jaya di Papua (Johns dkk., 2007; Hope, 1976).

Docters van Leeuwen (1924, 1926, 1927, 1933), secara naratif mempertelakan vegetasi pada zona empat dari Junghuhn. Zona ini dalam klasifikasi sekarang (Tabel 10) dapat dipadankan dengan zona subalpin bawah. Banyak spesies di zona ini terdapat juga di elevasi yang lebih rendah. *Vaccinium laurifolium* di puncak G. Pangrango

tumbuh sebagai perdu bercabang-cabang tidak teratur, tetapi di sekitar Kandang Badak tumbuh sebagai liana besar atau sebagai epifit. Di dekat Cibodas pada elevasi 1.400 mdpl, spesies ini hanya tumbuh sebagai epifit dan pada elevasi ini spesies ini tidak pernah berbunga. *Myrica javanica*, *Eurya acuminata*, dan *Paraserianthes lophantha* adalah beberapa spesies yang tumbuh di zona subalpin bawah tetapi terdapat juga di zona hutan pegunungan. Di bawah air terjun Cibeureum pada elevasi 1.700 mdpl, ditemukan *Selliguea feei* dan *Ranunculus blumei*, yang tumbuh baik pada batuan yang terus-menerus terkena cipratan air terjun, tetapi spesies ini tidak terdapat dalam hutan sekitarnya. *Selliguea feei* adalah jenis paku-pakuan yang tumbuh melimpah di kawah terbuka G. Gede dan pada lava yang jarang ditumbuhi spesies lain.

Selanjutnya dikemukakan bahwa spesies yang mewakili zona subalpin semakin banyak terdapat di zona hutan pegunungan dengan elevasi yang semakin tinggi. Daerah pertemuan dua zona ini dapat dilihat di sebelah atas sumber air panas pada elevasi di atas 2.200 mdpl dan di sini spesies yang mewakili dua zona ini tumbuh bercampur dalam proporsi yang seimbang. Sementara itu, terdapat juga berbagai spesies pohon, seperti *Dacrycarpus imbricatus* dan *Lithocarpus sundaicus*, yang tumbuh maksimal pada zona pegunungan mampu mencapai zona subalpin di G. Pangrango sampai elevasi 2.700 mdpl.

Ditegaskan bahwa perawakan spesies pohon, komponen zona hutan pegunungan berubah bila tumbuh di zona subalpin, sementara spesies terna, perdu, dan anakan pohon tidak menunjukkan karakter khusus. Anakan pohon akan mempunyai perawakan yang khas setelah tumbuh menjadi tua. Pohon-pohon yang tumbuh di zona lebih rendah dapat mencapai tinggi 15 m, pada elevasi tinggi dan di tempat yang terbuka sekali, pohon hanya dapat mencapai tinggi tidak lebih dari 5–6 m.

Catatan para pengamat (Docters van Leeuwen 1933; Seifriz 1923; Steenis dkk., 1972, 2006), dll.) menunjukkan bahwa pohon-pohon di zona subalpin sering mempunyai perawakan yang menyerupai perdu, percabangan melebar dan rendah tidak jauh dari permukaan

tanah. Beberapa spesies, seperti *Leptospermum*, mempunyai tajuk berbentuk payung, sedangkan spesies lain bertajuk membundar, berbatang terpilin dan berbuku-buku, berkayu keras mempunyai pepagan atau kulit luar yang mengelupas menjadi kepingan atau seperti serat. Pohon berdaun-kecil, sempit, dan menjangat serta terkumpul di ujung-ujung cabang.

Menurut Steenis dkk. (1972, 2006) di punggung bukit dan puncak gunung yang tajam dan terbuka, hutan subalpin dapat turun ke elevasi sekitar 1.500 mdpl. Pada punggung-punggung bukit yang sempit, hutan subalpin tumbuh kerdil. Kekerdilan disebabkan oleh kondisi habitatnya yang miskin hara, yang terdiri atas batuan dengan lapisan tanah yang tipis, hembusan angin yang kencang pada lereng dan erosi yang diakibatkan oleh curah hujan tinggi dan topografi curam. Habitat miskin dan suhu rendah mengakibatkan laju pertumbuhan pohon sangat lambat sehingga batang pohon menjadi sangat keras dan kokoh. Tinggi pohon kembali normal bila ketebalan tanah bertambah seperti pada punggung bukit yang lebar dan lereng landai.

Uraian Steenis dkk. (1972, 2006) menunjukkan juga bahwa pohon-pohon di hutan subalpin sering ditumbuhi lumut, termasuk *Aerobryum* yang tumbuh menggantung dari ranting-ranting pohon. Ditunjukkan pula bahwa di G. Pangrango pada elevasi 2.500 mdpl, sering terbentuk sabuk awan lokal yang merangsang lumut tumbuh melimpah dan menutupi tanah, batuan, batang, ranting, dan cabang yang jatuh dan bahkan hutan secara keseluruhan. Pertumbuhan lumut yang melimpah ini mengubah fisiognomi hutan menjadi khas sehingga hutan ini sering disebut hutan lumut (*mossy forest*). Dikatakan bahwa pertumbuhan hutan lumut dihambat faktor habitat, termasuk topografi dan tanah serta semburan gas belerang yang teratur dari kawah, seperti di puncak G. Gede. Sebaliknya di G. Pangrango yang kawahnya sudah lama mati, hutan lumut berkembang dengan baik. Tanah, batang-batang, dan cabang-cabang pohon tertutup bantal lumut (*moss cushion*). Setelah hujan lumut akan jenuh dengan air dan lapisan lumut yang tebal dapat mengubah kabut yang lewat menjadi air. Lapisan lumut dengan ketebalan hingga beberapa meter

di atas tanah dapat dijumpai di G. Pangrango. Bila terjadi musim kering yang panjang timbunan lumut kering dapat menjadi bahan yang mudah terbakar.

b. Komposisi

Hutan subalpin telah dipertelakan secara kualitatif oleh Steenis dkk. (1972, 2006) dan Docters van Leeuwen (1933). Pertelaan kuantitatif dibuat oleh Yamada (1977) dan kemudian Rozak dkk. (2016). Tipe hutan ini terdapat pada elevasi 2.300–3.800 mdpl. Secara umum, hutan subalpin mempunyai fisiognomi mirip hutan daerah iklim sedang (*temperate forest*). Struktur vertikal hanya terdiri atas satu lapis pohon-pohon kecil dan pendek dan tidak terdapat pohon-pohon mencuat. Kekayaan jenisnya (*species richness*) lebih sedikit daripada hutan pegunungan. Karena umumnya spesies dari suku Ericaceae melimpah, hutan ini sering disebut semak Ericaceae (*ericoid scrub*). Docters van Leeuwen (1933) menamai tipe hutan ini hutan alpinoid (*alpinoid forest*). Dalam tulisan ini, seperti terlihat dalam Tabel 17, tipe hutan ini disebut hutan subalpin (Kartawinata, 2006).

Tabel 17 menyajikan data kerapatan dan dominansi spesies utama di hutan subalpin pada elevasi 2.400–3.000 mdpl. Kisaran jumlah spesies dalam petak-petak 400 m² pada elevasi berbeda adalah 6–11 dan jumlah spesies seluruhnya dalam semua petak dengan luas total 1.600 m² adalah 18. Tampak satu spesies *Myrsine affinis* mempunyai nilai dominansi nisbi yang relatif tinggi sepanjang gradasi elevasi dari 2.400 sampai 3.000 m. Pada elevasi 2.400 *Myrsine affinis* (DN = 22,39%) berbagi dominansi dengan *Polyosma ilicifolia* (DN = 18,84%), sedangkan pada elevasi 2.600 tiga spesies berbagi dominansi, yaitu *Myrsine affinis* (DN = 29,93%), *Polyosma ilicifolia* (DN = 26,50%), dan *Leptospermum polygalifolium* (DN = 20,10%). Sementara itu, *Myrsine affinis* dan *Eurya obovata* pada elevasi 3.000 mdpl berbagi dominansi dengan *Schefflera* sp. dan *Vaccinium varingaefolium* pada elevasi 2.800 mdpl. Mengikuti kriteria Mueller-Dombois dan Ellenberg (1974, 2013) untuk penentuan asosiasi yang merujuk kepada sebaran spesies yang merata pada petak-petak pencuplikan, untuk hutan subalpin pada elevasi 2.400–3.000 mdpl *Myrsine affinis*



dan *Eurya obovata* dapat dijadikan spesies penciri sebuah asosiasi. Oleh karena itu, hutan subalpin di G. Gede-Pangrango ini dapat dinamakan asosiasi *Myrsine affinis-Eurya obovata* atau disingkat asosiasi *Myrsine-Eurya*.

Tabel 17. Jumlah pohon (N) dalam petak (400 m²) dan Dominansi Nisbi (DN = area dasar nisbi) spesies pohon dengan DSD ≥ 10 cm pada elevasi 2.400 m, 2.600 m, 2.800 m, dan 3.000 mdpl) masing-masing dalam petak 400 m² di lereng timur laut G. Gede-Pangrango, TNGGP-CBC

SPESIES	ELEVASI (MDPL)							
	2.400		2.600		2.800		3.000	
	Petak 6		Petak 7		Petak 8		Petak 9	
	N	DN (%)	N	DN (%)	N	DN (%)	N	DN (%)
<i>Myrsine affinis</i>	399	22,39	775	29,93	400	41,61	1,158	20,99
<i>Eurya obovata</i>	80	4,27	50	1,24	150	19,59	806	22,47
<i>Symplocos cochinchinensis</i>	80	15,90	350	11,90	100	4,95	202	4,54
<i>Photinia integrifolia</i>	27	1,40			25	1,52	50	1,03
<i>Schefflera</i> sp.			25	0,50	325	24,26	50	0,74
<i>Daphniphyllum glaucescens</i>	50	7,09	75	1,98				
<i>Polyosma ilicifolia</i>	399	18,84	750	26,50				
<i>Viburnum coriaceum</i>						7,46		
<i>Schima wallichii</i>	53	5,88						
<i>Vaccinium laurifolium</i>	25	0,61					25	0,31
<i>Geniostoma rupestre</i>	50	0,90						
<i>Acronodia punctata</i>	345	22,72	225	7,75				
<i>Leptospermum polygalifolium</i>			50	20,10				
<i>Symplocos cochinchinensis</i> var. <i>laurina</i>					25	0,62		
<i>Vaccinium varingaefolium</i>							1.425	47,56
<i>Symplocos</i> sp.							50	1,36
<i>Schefflera rugosa</i>							50	1,00
Jumlah pohon/400 m ²	1.633		2.300		1.025		3.016	
Jumlah spesies	11		8		6		9	

Ket.: Nama-nama spesies sudah disesuaikan dengan The Plant List.
 Sumber: Data diolah dengan izin dari Tabel 8 dalam Yamada (1977)

Dari uraian pada Tabel 17 jelas bahwa spesies yang melimpah pada elevasi di bawah 2.300 mdpl, seperti, *Acronodia punctata*, *Astronia spectabilis*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Eurya obovate*, *Lithocarpus elegans*, dan *Myrsine affinis* tidak tampak lagi. Dapat dikatakan bahwa elevasi 2.300 mdpl merupakan daerah transisi antara hutan pegunungan dan hutan subalpin bawah seperti juga ditunjukkan dalam Gambar 34.

Rozak dkk. (2016), dalam 8 petak dengan luas total 1,6 ha pada elevasi 2.400–3.010 mdpl, merekam sebanyak 33 spesies pohon dengan kerapatan 395 pohon/ha. Jumlah jenis ini lebih besar dari data yang diperoleh Yamada (1977) seperti terlihat dalam Tabel 17. Spesies yang direkam sebanding juga dengan spesies yang dicatat Steenis dkk. (1972, 2006) dan Yamada (1977). Sementara itu, kerapatan lebih kecil dari rekaman Yamada (1977). Banyak spesies yang direkam terdapat juga di hutan pegunungan bawah dan pegunungan atas. Spesies khas yang hanya terdapat di zona subalpin hanya beberapa saja, termasuk *Albizia* sp., *Archidendron clypearia*, *Clausena* sp., *Elaeocarpus acronodia*, *Eurya* sp., *Lithospermum javanicum*, *Mycetia cauliflora*, *Myrica javanica*, *Rhododendron retusum*, *Schefflera* sp., *Symplocos costata*, dan *Vaccinium* sp.. Sementara itu, Rozak dkk. (2016) juga menambahkan spesies berikut kepada spesies yang direkam Yamada (1977) sebagai komponen hutan subalpin: *Alstonia spectabilis*, *Archidendron clypearia*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Macropanax concinnus*, *Melastoma malabathricum*, *Mischocarpus pentapetalus*, *Mycetia cauliflora*, *Myrica javanica*, *Rhododendron retusum*, *Symplocos acuminata*, *Symplocos cochinchinensis* var. *laurina*, *Symplocos costata*, *Symplocos ribes*, *Vaccinium laurifolium*, *Viburnum coriaceum*.

Steenis dkk. (1972, 2006) mencatat bahwa spesies pohon dan semak utama dalam hutan subalpin ini adalah *Camellia lanceolata*, *Cypholophus lutescens*, *Eurya acuminata*, *Ficus deltoidea*, *Geniostoma rupestre*, *Litsea diversifolia*, *Melastoma trachyphyllum*, *Myrica javanica*, *Myrsine affinis*, *Paraserianthes lophantha*, *Perrottetia alpestris*, *Photinia integrifolia*, *Rhododendron retusum*, *Schefflera rugosa*, *Symplocos cochinchinensis*, *Turpinia montana*, *Vaccinium varingiaefolium*, dan *Weinmannia blumei*. Selanjutnya ditegas-



kan bahwa di tempat-tempat tertentu *Vaccinium*, *Leptospermum*, *Myrsine*, atau *Schefflera* lebih melimpah daripada yang lain atau bahkan menjadi dominan. Hal ini mungkin terjadi sebagai hasil seleksi ketahanan terhadap gas-gas kawah. *Vaccinium varingiaefolium*, *Rhododendron retusum*, dan *Myrsine affinis* adalah tumbuhan yang mempunyai daya tahan paling tinggi. Menurut Steenis dkk. (1972, 2006), tumbuhan bawah yang banyak terdapat pada elevasi ini antara lain adalah *Thalictrum*, *Boeninghausenia*, *Valeriana*, *Gentiana*, *Primula* (jarang), *Ranunculus*, *Gaultheria*, *Potentilla*, dan *Plectranthus* yang kebanyakan adalah spesies daerah iklim sedang.



Foto: A. Sadili (2007)

Gambar 40. Hutan subalpin *Leptospermum polygalifolium* dengan karakteristik batang kecil dan bengkok dan pertumbuhan bawah yang tidak lebat di puncak G. Pangrango.



Foto: A. Sadili (2007)

Gambar 41. Hutan subalpin *Leptospermum polygalifolium* dengan *Anaphalis javanica* pada batas dengan alun-alun Suryakencana.

Flora dan vegetasi di zona subalpin G. Gede-Pangrango sampai saat ini tidak banyak berubah sejak pengamatan Docters van Leeuwen (1933), yang diuraikan di bawah ini. Pohon-pohon di hutan ini termasuk ke dalam berbagai suku, yang banyak di antaranya sering diwakili hanya oleh satu spesies saja. Sebagai contoh *Podocarpaceae* hanya diwakili oleh *Dacrycarpus imbricatus*, *Leguminosae* oleh *Paraserianthes lophantha*. *Dacrycarpus imbricatus* merupakan raksasa hutan sampai elevasi 2.700 mdpl. *Paraserianthes lophantha* tidak banyak tumbuh dalam hutan ini dan umumnya lebih banyak terdapat di tempat-tempat terbuka, lapangan dekat kawah, tepi jalan, dan tepi sungai kecil. Kehadiran *Lithocarpus pallidus* dan *Lithocarpus elegans* terbatas terutama pada bagian bawah zona subalpin ini. Demikian pula dengan *Neolitsea javanica* dan *Litsea cubeba* yang berperilaku seperti *Paraserianthes lophantha*. *Polyosma ilicifolia* adalah pohon

Buku ini tidak diperjualbelikan.



kecil, yang agak sering terdapat dalam komunitas lapisan bawah hutan ini dan tidak terdapat di atas 2.700 mdpl.

Docters van Leeuwen (1933) mengemukakan bahwa berbagai spesies mempunyai pola sebaran dan pertumbuhan sendiri sesuai dengan kondisi habitatnya. Sejumlah spesies hanya tumbuh baik di bagian bawah hutan subalpin. *Astronia spectabilis* juga hanya terdapat di bagian bawah zona subalpin ini, *Daphniphyllum glaucessens* terdapat di antara tumbuhan bawah dan terbatas di bagian bawah zona subalpin. *Acer laurinum* juga hampir tidak ada di bagian atas gunung dan bila ada pun jarang tumbuh menjadi pohon besar, padahal di zona hutan pegunungan spesies ini merupakan salah satu pohon raksasa. Pohon raksasa *Schima wallichii* juga hanya berkembang di bagian bawah zona subalpin dan spesies ini sangat menyolok karena daun mudanya yang merah dan bunganya yang putih. *Syzygium racemosum* juga merupakan element flora zona bawah. *Cyathea crenulata* tumbuh sampai di gunung tetapi terutama hanya di bagian yang lebih bawah, yang dapat mencirikan hutan tersebut. *Myrica javanica* tidak pernah terlihat di G. Pangrango dan lebih umum tumbuh di tempat-tempat terbuka, terutama pada lereng gundul kawah daripada di hutan itu sendiri.

Selanjutnya Docters van Leeuwen (1933) mencatat bahwa berbagai spesies tumbuh menyebar luas mulai dari bagian bawah hutan subalpin sampai ke puncak G. Pangrango. *Elaeocarpus* terdapat di mana-mana, tetapi dapat berkembang menjadi pohon agak besar hanya di bagian bawah zona subalpin. *Leptospermum polygalifolium* tumbuh menyebar sampai ke puncak Pangrango. Di lereng G. Sela spesies ini dominan. Pada musim berbunga tajuk yang berbentuk payung dan menonjol di atas tajuk pohon-pohon lain dipenuhi oleh bunga putih yang menyerupai salju, seperti yang dilaporkan juga oleh Junghuhn. *Schefflera rugosa* juga tersebar luas sampai ke puncak G. Pangrango, tetapi jarang tumbuh mengelompok. Dari famili *Ericaceae* spesies *Rhododendron retusum* dan *Vaccinium varingiaefolium* tumbuh sebagai pohon, sedangkan *Vaccinium laurifolium* hidup berupa perdu dan liana. Di G. Gede, *Rhododendron retusum* tumbuh tersebar sebagai pohon dalam hutan dan sebagai perdu kecil pada bekuan aliran lava. *Vaccinium varingiaefolium* tumbuh

Buku ini tidak diperjualbelikan.

di mana-mana dan di sana-sini menjadi dominan tanpa kompetitor. Sebagai perdu spesies ini tumbuh melimpah bersama dengan *Rhododendron retusum*, tetapi lebih menarik perhatian karena daun mudanya yang berwarna merah cerah. *Rapanea avenis* juga agak unggul, tetapi tidak sebanyak seperti spesies yang disebut terdahulu. *Symplocos cochinchinensis* tumbuh sebagai perdu sampai ke puncak tertinggi. *Viburnum coriaceum* umum terdapat di hutan, tetapi di puncak G. Pangrango dan juga di tempat-tempat gundul spesies ini jarang sekali.

Dalam penjelajahannya ke berbagai bagian G. Gede-Pangrango, Docters van Leeuwen (1933) merekam keadaan hutan subalpin di berbagai daerah tersebut. Beberapa jalan atau rintisan yang dijelajahi mungkin sekarang tidak tampak lagi, tetapi hutannya masih ada dan uraiannya sampai saat ini masih berlaku. Uraian ini akan melengkapi data Rozak dkk. (2016), Steenis dkk. (1972, 2006), dan Yamada (1977). Berikut ini adalah uraian singkat yang disusun berdasarkan data dan informasi dari Docters van Leeuwen (1933) tersebut.

(i). Dari Kandang Badak ke puncak G. Pangrango. Jalan dari Kandang Badak menuju puncak G. Pangrango berbelok-belok melalui hutan subalpin yang lebat, baik lapisan pohon maupun tumbuhan bawahnya dan semua batang dan cabang tertutup rapat dengan lumut. Hutan di sini adalah hutan subalpin yang paling lebat di Jawa Barat dan kondisi seperti itu membentang sampai ke puncak meskipun jumlah spesies menurun. *Dacrycarpus imbricatus* dan *Ardisia javanica* tidak terdapat pada elevasi lebih dari 2.700 mdpl. *Paraserianthes lophantha* tidak terdapat di atas 2.500 mdpl.

Sepanjang jalan setapak dalam hutan, sebagian vegetasi terdiri atas tegakan murni *Eurya acuminata*. Di sini terdapat juga *Lepidospermum*, yang sering mencuat di atas pohon-pohon lain sekitarnya, seperti *Rhododendron retusum*, *Rapanea avenis*, *Symplocos cochinchinensis*, dan *Schefflera rugosa* yang melimpah. *Vaccinium*, *Viburnum coriaceum*, dan *Photinia integrifolia* kadang-kadang dominan. Di ujung jalan setapak terdapat tempat datar kecil yang ditumbuhi lebat oleh rumpun rumput *Deyeuxia* dan di sini tumbuh



pula pohon-pohon pendek, seperti *beech* (*Fagus sylvatica*), pohon apel, dan tumbuhan Eropa lain yang ditanam Teysmann.

Berbagai perdu dalam hutan ini, seperti *Dichroa* dan *Hydrangea*, terdapat di bagian bawah, tetapi *Dichroa* ditemukan juga sampai elevasi 2.800 mdpl. Berbagai spesies *Rubus* dapat ditemukan dalam hutan di sekitar Kandang Badak, tetapi *Rubus lineatus* adalah satu-satunya yang dapat mencapai puncak dan tumbuh lebat membentuk rumpun di tepi hutan. *Perrottettia* juga banyak ditemukan, tetapi hanya di bagian bawah.

Hypericum, perdu yang merumpun, terdapat di tempat terbuka dan tepi hutan subalpin bagian atas dan *Aralia ferox* terdapat di bagian bawah. *Schefflera lucescens*, perdu yang merambat dengan cabang-cabangnya yang panjang hampir menyerupai liana, terdapat di bagian atas tetapi tidak terdapat di puncak. Tiga spesies *Gaultheria* adalah perdu yang menyukai tempat terbuka. *Gaultheria punctata* dan *Gaultheria leucocarpa* tumbuh di hutan subalpin yang tidak lebat, sedangkan *Gaultheria nummularioides* yang merayap adalah spesies yang jarang tumbuh di sini. *Rhododendron javanicum* terdapat di bagian bawah hutan subalpin sebagai perdu, tetapi pada elevasi lebih tinggi hidup sebagai epifit. *Vaccinium laurifolium*, sebuah perdu yang merambat sampai ke pohon tinggi, dan adakalanya mirip liana, terdapat di mana-mana.

Ardisia javanica banyak terdapat sampai elevasi 2.700 mdpl. *Clematis leschenaultiana* di G. Gede-Pangrango biasanya hanya terdapat di tempat-tempat tertentu saja, tetapi di gunung lain dapat tumbuh sampai elevasi 3.000 mdpl. *Kadsura*, yang merupakan tumbuhan pada elevasi lebih rendah, dapat pula tumbuh sampai ke Kandang Badak, meskipun agak jarang. *Nepenthes* tidak terdapat dalam hutan tetapi tumbuh di kawah G. Gede. *Crawfordia* dan *Lonicera* dapat ditemukan di mana-mana dalam hutan dan juga di puncak gunung.

Terna yang berupa paku-pakuan dan tumbuhan berbiji, tidak banyak ditemukan. Rumpun *Isachne albens* khususnya terdapat sepanjang rintisan dalam hutan, sementara jenis-jenis rumput lain dan teki-teki, umumnya tumbuh di tempat-tempat terbuka. Te-

ki-tekian yang ditemukan dalam hutan adalah *Gahnia javanica* dan *Carex interrupta*.

Di bawah naungan tajuk pohon terdapat banyak spesies anggrek terestrial, seperti *Calanthe abbreviata* dan *Goodyera bifida* (jarang). *Phaius flavus* dapat ditemukan di puncak G. Gede. Sementara itu, *Platanthera blumei* terdapat di mana-mana dan *Myrmechis glabra* bahkan menyebar sampai ke puncak G. Pangrango. Terna lain yang banyak dijumpai sampai ke puncak adalah *Argostemma* spp. *Cardamine africana*, *Elatostema* sp., *Impatiens javensis*, *Impatiens radicans*, *Nertera granadensis*, *Ophiorrhiza* spp., *Pilea* spp., *Platanthera blumei*, *Persicaria chinense*, *Persicaria lapathifolia*, *Ranunculus blumei*, *Sanicula elata*, *Swertia javanica*, dan *Viola pilosa*. Sementara itu, *Primula prolifera* hanya dapat ditemukan pada elevasi tinggi di sepanjang jalan setapak dan di puncak G. Pangrango. *Dichrocephala bicolor*, *Myriactis javanica*, *Plantago major*, *Solanum americanum*, dan *Valeriana hardwickii* jarang ditemukan dalam hutan, tetapi lebih sering tumbuh di tempat terbuka. Semakin tinggi elevasi terna terestrial semakin jarang dan digantikan oleh bantalan-bantalan lumut, yang di atasnya hanya tumbuh spesies paku-pakuan dan anggrek epifit. Epifit sejati yang dapat dijumpai di sini termasuk *Dendrobium hasseltii* dan beberapa paku-pakuan *Asplenium praemosum*, *Dryopteris adnata*, *Dryopteris filix-mas*, *Hymenophyllum paniculiflorum*, dan *Polystichum aculeatum*.

Di jalan-jalan setapak yang banyak dilalui dan di tempat yang ditebas di daerah tertinggi, *Anaphalis javanica*, *Gaultheria nummulariodes*, dan *Hypericum leschenaultii* menemukan habitatnya. Tepi-tepi terjal tertutup oleh lumut hati *Palavicinia*. Di puncak G. Pangrango, punggung gunung yang berbentuk tapal kuda melingkupi lembah kawah (*crater valley*) dan tertutup hutan berlumut yang tidak lebat. Di sini tumbuh pohon-pohon tua *Vaccinium varingiaefolium* dengan tinggi lebih dari 5 m.

Di daerah ini terdapat beberapa jenis introduksi yang berasal dari negeri beriklim dingin dan sedang, termasuk *Cotoneaster* sp., *Cupressus sempervirens*, *Digitalis purpurea*, *Fagus sylvatica*, *Malus domestica*, *Rosa canina*, *Rosa rubiginosa*, *Rumex alpinus*, *Solanum*

tuberosum, dan *Viola odorata*. Terdapat juga jenis asal Sumatra yang dicoba ditanam di sini, yaitu *Anemone sumatrana*.

(ii) **Dari Kandang Badak ke kawah G. Gede.** Seperti di Kandang Badak, hutan subalpin menutup daerah pelana antara G. Gede dan G. Pangrango, juga pohon-pohon setengah miring yang tertutup lumut sangat mengesankan. Tumbuhan bawah sangat rapat, termasuk berbagai terna, seperti *Swertia*, *Sanicula*, *Ranunculus blumei*, berbagai spesies *Carex* dan *Allaephyneae*. Anakan *Paraserianthes* juga ditemukan meskipun di G. Pangrango tidak ada. Di hutan ini terdapat juga *Aralia ferox*.

(iii) **Dari Kandang Badak ke cekungan kawah G. Gede.** Dari bagian timur Kawah Lanang ke arah timur laut sepanjang aliran lava menuju ke atas ditemukan vegetasi renggang. Vegetasi ini terdiri atas pohon-pohon kecil *Vaccinium* yang tumbuh renggang tetapi kemudian tumbuh lebih rapat lagi dan bercampur dengan *Myrica* serta *Paraserianthes* yang melimpah. Semua pohon ditumbuhi lumut janggut *Usnea*. Pohon-pohon dalam hutan ini kecil dan berbatang kurus dengan tinggi 3 m. Di sini *Gaultheria fragrantissima* subsp. *punctata* tumbuh menyolok dengan batang ramping dan menjadi spesies karakteristik hutan ini. Lumut kerak *Stereocaulon* dan terna berkayu *Anaphalis* tumbuh pada tanah gundul di tempat terbuka. Di daerah ini terdapat jurang kecil, yang membentang dan melengkung ke arah utara kemudian ke barat laut, dan sungai kecil yang membentuk air terjun. Tepi jurang ini tertutup hutan subalpin bawah, tetapi di bagian tengah komunitas yang terdiri atas spesies dari marga *Anaphalis*, *Agrostis*, *Carex*, dan *Deyeuxia*. Di tempat yang lebih terbuka tumbuh lumut putih *Racomitrium lanuginosum* bersama dengan *Gentiana* dan *Thelymitra* yang melimpah serta spesies terna lain termasuk spesies *Valeriana*, *Myriactis*, *Viola*, dan *Ranunculus javanicus*. Sementara *Anaphalis*, yang tertutup lebat lumut dan lumut kerak, tumbuh di selokan yang sangat basah.

Pada lereng barat G. Gede yang tajam, hutan berubah sesuai dengan elevasi yang semakin tinggi, terutama lumut di tanah dan di pohon semakin berkurang dan pada elevasi 2.600 mdpl pohon-pohon berbatang kecil. Tumbuhan bawah terdiri atas *Ardisia javanica* dan

anakan pohon hutan. Kemunculan *Gaultheria leucocarpa* menandakan kanopi hutan menjadi kurang lebat sehingga cahaya dapat mencapai lantai hutan lebih banyak. Kondisi seperti ini diperkuat lagi oleh batang-batang pohon yang tertutup oleh lumut kerak besar yang menjadi indikator bahwa penutupan tajuk pohon tidak penuh. Semakin tinggi elevasi lereng semakin tajam dan pohon-pohon semakin renggang. Sementara itu, beberapa spesies pohon, seperti *Vaccinium varingiaefolium* dan *Rhododendron retusum* semakin sering ditemukan. Vegetasi terna menjadi lebih tipis juga dan terutama terdiri atas *Carex*, *Swertia*, *Sanicula*, *Myriactis*, *Nertera*, dan beberapa spesies paku-pakuan. Epifit semakin jarang dalam hutan, dan di sana-sini *Anaphalis* mulai tampak.

Hutan ini perlahan-lahan menyatu dengan vegetasi di kaki punggung dinding kawah dan pada elevasi 2.800 mdpl hutan terdiri terutama atas *Vaccinium* dan *Rhododendron*, sedangkan spesies pohon lain tumbuh terpenca. Batang-batang ramping biasanya tidak ditumbuhi lumut, meskipun lumut hati dan *Musci frondosi* masih ada sementara lumut kerak menjadi lebih melimpah. Lantai hutan tidak banyak tertutup vegetasi, yang di sana-sini di tumbuhi *Sanicula* dan terna lain. Tumbuhan yang paling sering ditemukan adalah *Valeriana*, *Anaphalis*, *Cardamine africana*, *Swertia*, dan *Nertera*. Secara keseluruhan, spesies terna di sini sangat miskin. Hutan ini membentang sampai di tepi kawah pada elevasi 2.850 mdpl.

Jika hutan pada elevasi yang sama dibandingkan, hutan di G. Pangrango lebat dan subur dan dipenuhi oleh lumut, sedangkan di hutan G. Gede pohon-pohon lebih renggang, berbatang kecil, dan tidak ditumbuhi lumut. Perbedaan ini bukan karena perbedaan iklim, tetapi lebih disebabkan oleh umur hutan dan sifat-sifat tanah. Hutan di G. Pangrango sangat tua yang tanahnya tertutup dengan lapisan humus yang tebal, sementara di G. Gede tanahnya terdiri atas lava yang baru melapuk sedikit dengan lapisan humus yang tipis sekali dan lava yang belum melapuk menonjol di sana-sini. Bagian gunung ini mengalami dampak letusan yang belum lama berselang terjadi sangat dahsyat.

(iv) Dari Kandang Badak ke puncak G. Gede dan G. Gumuruh.

Hutan di punggung gunung ini lebat dan tua serta merupakan hutan lumut sejati, meskipun tidak selebat di G. Pangrango. Di ujung punggung gunung, yang menurun ke alun-alun, pohon-pohon berbatang kecil dan banyak terdapat *Acronodia punctata*, tetapi secara keseluruhan sama dengan hutan lumut di G. Pangrango. Ujung alun-alun tertutup rapat oleh pohon-pohon kecil yang rendah dan tanah di bawahnya ditumbuhi *Lycopodium clavatum*.

(v) Dari Lebak Saat ke Cibodas lewat G. Sela. Mulai dari Cisaat ke Kawah Wadon kemudian menaik ke arah kiri, hutan sangat lebat dan gelap. Pohon-pohon berdiameter kecil serta tidak berlumut terlalu lebat. Hutan subalpin bawah menutupi punggung gunung sampai ke jurang di bawah dinding tegak lurus dari G. Sela dan terus ke lereng yang tidak terlalu tajam dan kemudian menaik ke punggung gunung G. Sela, yang membentang dari barat ke timur. Di punggung gunung *Anaphalis* menembus hutan *Vaccinium*. Dari ujung punggung gunung akan tampak cekungan kawah G. Gede. Dari sini punggung gunung tertutup hutan *Leptospermum*, yang bila sedang berbunga putih dan dilihat dari atas akan tampak hutan seperti tertutup salju.

c. Struktur

Seperti telah dikemukakan di atas, Steenis dkk. (1972, 2006) menamakan hutan subalpin ini hutan elfin, yang secara fisiognomi penampilannya mirip hutan-semak (*Krummholz*), formasi *chaparal* di Amerika (yang pohon-pohonnya kecil, terpilin, dan bengkok) serta beberapa tipe hutan berdaun kecil di daerah kering Australia. Namun, kesamaan ini hanya visual saja karena hutan subalpin jelas merupakan tipe hutan di daerah selalu basah. Daun pohon-pohon hutan subalpin yang berukuran kecil dan menjangat (seperti kulit). memang memberi kesan sifat tahan kering, tetapi tidak selalu demikian. Ada juga spesies berdaun besar dan tidak sklerofilik, seperti *Schefflera rugosa* dan terna di bawahnya *Lactuca rostrata*.

Menurut pengamatan kualitatif Steenis dkk. (1972, 2006), hutan subalpin dicirikan oleh kanopi rendah dengan tinggi 8–30

m, pohon-pohon tumbuh rapat dengan batang kurus dan sering bengkok. Hutan tidak mempunyai lapisan pohon mencuat dan lapisan lebih rendah, kecuali lapisan dasar. Daun-daunnya kecil dan tebal menjangat. Hutan subalpin adalah hutan campuran, kekayaan spesiesnya lebih kecil daripada hutan pegunungan pada elevasi lebih rendah (bandingkan Tabel 12 dan Tabel 14–15). Pada umumnya, pohon berbanir besar dan pohon berbuah di batang jarang, individu liana hanya sedikit, dan tumbuhan saprofit hampir tidak ada.

Pada elevasi 2.400 m, pada titik pertemuan lereng G. Gede dan G. Pangrango di Kandang Badak, Yamada (1976 a dan b, 1977) mencatat bahwa pohon tertinggi mencapai 22 m dan hampir semua batang pohon yang tegak tertutup lebat oleh lumut. Hutan terdiri atas 4 lapisan:

Lapisan I: tinggi 22–25 m, komponen utama adalah *Schima wallichii*, *Symplocos cochinchinensis*, *Acronodia punctata*, dan *Daphniphyllum glaucescens*.

Lapisan II: tinggi 15–5 m, komponen spesies utama termasuk *Myrsine affinis*, *Polyosma ilicifolia*, dan *Acronodia punctata*.

Lapisan III: tinggi 5–1 m, tersusun oleh *Ardisia javanica* yang melimpah dan spesies paku pohon, *Cyathea crenulata*, merupakan spesies pelengkap

Lapisan IV: tinggi kurang dari 1 m, lapisan vegetasi di atas lantai hutan yang tersusun oleh anakan dari pohon tinggi.

Tabel 18. Nilai Dominansi Nisbi (DN) spesies pohon ≥ 10 cm dalam lapisan I–III, masing-masing dalam petak 400 m² di hutan subalpin bawah di G. Gede-Pangrango.

Lapisan	2.600 m			2.800 m	
	I	II	III	I	II
Dominansi Nisbi (DN)	DN (%)	DN (%)	DN (%)	DN (%)	DN (%)
<i>Myrsine affinis</i>	38	22,8	13,4	42,5	
<i>Polyosma ilicifolia</i>	25,4	47,8	86,6		
<i>Eurya obovata</i>	1,8			20	
<i>Symplocos cochinchinensis</i>	15,4	7,3		5,1	

Elevasi	2.600 m		2.800 m	
<i>Daphniphyllum glaucescens</i>	2,4	2,4		
<i>Acronodia punctata</i>	7,2	19,8		
<i>Leptospermum polygalifolium</i>	9,1			
<i>Schefflera</i> sp.	2,7		22,6	100
<i>Viburnum coriaceum</i>			7,6	
<i>Symplocos cochinchinensis</i> var. <i>laurina</i>			0,6	
<i>Photinia integrifolia</i>			1,6	

Sumber: Dikutip dan diolah dengan izin dari Tabel 6 & Tabel 7 dalam Yamada (1977)

Tabel 18 menyajikan data tentang struktur hutan subalpin pada elevasi 2.600 m dan 2.800 mdpl menurut stratifikasi. Komposisi spesies dinyatakan dengan nilai dominansi nisbi (DN) dalam lapisan I–III pada elevasi 2.600–2.800 mdpl. Jumlah spesies boleh dikatakan sebanding (7–8 spesies) tetapi komposisi spesiesnya berbeda. Tampak bahwa pada elevasi 2.600 mdpl hutan masih terdiri atas tiga lapisan, tetapi pada elevasi 2.800 m hutan hanya terdiri atas dua lapisan, yang lapisan keduanya didominasi oleh *Schefflera* sp. Dari segi kerapatan seperti tertera dalam Tabel 17, *Myrsine affinis* adalah spesies yang menonjol dan berbagi dominansi dengan *Polyosma ilicifolia* pada elevasi 2.600 mdpl. Yamada (1976a, 1977) mengemukakan bahwa meskipun kerapatannya kecil, *Leptospermum polygalifolium* dan *Dacrycarpus imbricatus*, merupakan spesies yang menonjol pada kelas diameter 4,5–10 cm dan mempunyai laju pertumbuhan diameter yang cepat. Pada lapisan lantai hutan, anakan *Dacrycarpus imbricatus* cukup menonjol. Spesies lain yang menyertainya termasuk *Carex* sp., *Myriactis javanica*, paku-pakuan *Diplazium* sp., dan *Dryopteris* sp. Di antara epifit pada elevasi ini dijumpai *Lonicera javanica*, *Vaccinium laurifolium*, dan *Schefflera* sp. sebagai epifit pemanjat serta paku-pakuan yang meliputi *Elaphoglossum callifolium*, *Humata* sp., *Hymenophyllum* sp., dan *Ctenopteris millefolia*.

Pada elevasi 2.800 m *Myrsine affinis*, *Schefflera* sp. dan *Eurya obovata* secara bersama-sama menjadi spesies dominan pada lapisan I. Lapisan II didominasi seluruhnya oleh *Schefflera* sp. Vegetasi lantai

hutan didominasi terna *Elatostema* sp. yang disertai oleh komponen lainnya, termasuk *Balanophora elongata*, *Carex* sp., *Myrsine affinis*, *Ranunculus javanicus*, *Rubus alpestris*, *Sanicula elata*, dan *Viola pilosa* serta *Primula prolifera* yang terdapat di tempat terbuka. Sementara itu paku-pakuan yang dapat dicatat antara lain adalah *Blechnum patersonii*, *Plagiogyria glauca*, dan *Woodwardia* sp. Epifit juga masih cukup banyak tumbuh di hutan ini antara lain anggrek *Dendrobium hasseltii*, terna merayap *Nertera granadensis*, dan paku-pakuan *Asplenium caudatum*, *Elaphoglossum* sp., *Hymenophyllum* sp., *Polypodium* sp., serta *Selliguea feei*.

Yamada (1976a, 1977) menemukan bahwa pada elevasi 3.000 mdpl di puncak G. Pangrango, pada topografi datar, hampir semua pohon, kecuali *Vaccinium laurifolium*, tumbuh tegak dan batangnya tertutup lumut yang lebat sehingga pohon tampak lebih besar dari yang sebenarnya. Kerapatan pohon mencapai 3.016 per ha (Tabel 24) dan pohon tertinggi tidak lebih dari 10 m. Hutan terdiri atas dua lapisan. Lapisan pertama diisi oleh *Eurya obovata*, *Myrsine affinis*, *Photinia integrifolia*, dan *Vaccinium varingiaefolium*. Sementara itu vegetasi lantai hutan (Lapisan IV) terdiri atas spesies pohon (*Myrsine affinis*, *Symplocos cochinchinensis* dan *Symplocos* sp.), pemanjat (*Lonicera javanica* dan *Rubus lineatus*), terna merayap (*Nertera granadensis*), terna lain (*Myriactis javanica*, *Ranunculus javanicus*, *Swertia javanica* dan *Viola pilosa*), paku-pakuan (*Athyrium* sp., *Dryopteris adnata*, *Elaphoglossum callifolium*, dan *Plagiogyria glauca*). Perekaman di atas mendukung temuan Docters van Leeuwen (1933) dan Steenis dkk. (1972, 2007).

2. Semak Subalpin

Tipe vegetasi semak ini terdapat di Gunung Gede pada elevasi 2.514 mdpl dengan substrat yang terdiri atas batu-batu besar berdiameter hingga 2 m (Sadili dkk., 2009). Vegetasi renggang dan terdiri atas *Vaccinium varingiaefolium*, *Albizia lophantha*, dan *Leptospermum polygalifolium*, serta terna tinggi *Anaphalis javanica*, yang tumbuh di antara batuan. Lokasi ini sangat kering sehingga lumut janggut *Usnea* dan lumut lain hampir tidak dapat tumbuh. Pada stratum belta dan perdu, *Vaccinium varingiaefolium* adalah spesies yang dominan

diikuti oleh *Rhododendron retusum* dan *Gaultheria punctata*. *Albizia lophantha* dan *Leptospermum polygalifolium* adalah spesies pohon yang menonjol di vegetasi ini. Akan tetapi, pohon-pohon berbatang bengkok dan pendek sehingga hanya merupakan komponen stratum belta dan perdu. Spesies ini tumbuh baik dalam komunitas semak di tepi kawah dan bersatu dengan hutan di sekitarnya yang didominasi *Albizia lophantha*. Untuk stratum semai dan terna, spesies paku-pakuan *Selligueia feei* benar-benar mendominasi komunitas. Spesies lain yang agak menonjol adalah *Vaccinium varingiaefolium* dan *Rhododendron retusum*.

Sadili dkk. (2009), atas dasar dominansi perdu dan terna, menamakan semak tepi kawah ini sebagai asosiasi *Vaccinium varingiaefolium-Selligueia feei*. Selain asosiasi ini, terdapat juga asosiasi semak *Anaphalis-lumut* subalpine. Uraian kuantitatif dua asosiasi ini akan disajikan oleh Sadili dkk. (2009) di bawah ini. *Anaphalis javanica* hanya terdapat sedikit dalam stratum belta dan perdu. Semai spesies pohon *Albizia lophantha* dan *Leptospermum flavescens*, yang menguasai hutan subalpin di sebelah petak ini tidak tampak sehingga dapat dikatakan invasi oleh dua spesies pohon ini tidak terjadi. Dapat diasumsikan bahwa tipe komunitas ini tidak akan berubah menjadi hutan subalpin dan akan mempertahankan statusnya sebagai vegetasi semak untuk waktu lama (Steenis dkk., 1972, 2006).

a. Asosiasi *Vaccinium varingiaefolium-Selligueia feei*

Sadili dkk. (2009) menganalisis secara kuantitatif komunitas semak terbuka tepi Kawah Lanang dan Kawah Wadon. Luas lokasi studi adalah sekitar 2 ha, yang terletak pada posisi 06° 46' 68" Bujur Timur dan 106° 58' 863" Lintang Selatan pada elevasi 2.514 m (Gambar 42). Hasil studi ini dikutip, dimodifikasi, dan disajikan di bawah ini dengan izin dari jurnal *Reinwardtia* (7 Juni 2021). Situs studi ini miring ke arah timur dengan lereng bervariasi sampai 40% dan berakhir pada tepi jurang. Substrat terdiri atas batu-batu besar dengan ukuran sampai diameter 2 m. Vegetasi renggang dan terdiri atas *Vaccinium varingiaefolium*, *Paraserianthes lophantha*, dan *Leptospermum polygalifolium*, serta terna tinggi *Anaphalis javanica*, yang

tumbuh di antara batuan. Lokasi ini sangat kering sehingga lumut janggut *Usnea* dan lumut lain hampir tidak dapat tumbuh.

Dari cuplikan dengan luas total 500 m² tercatat sebanyak 13 spesies tumbuhan, yang terdiri atas 10 spesies belta, perdu dan terna berkayu, serta empat spesies semai dan terna. Tujuh spesies terdapat juga di alun-alun Mandalawangi dan alun-alun Suryakencana (Tabel 19 dan Tabel 20). Pada stratum belta dan perdu indeks keanekaragaman Shannon rendah, yaitu hanya 1,16 dan pada stratum semai dan terna hanya 0,56, yang berarti pula flora di sini sangat miskin. Pada stratum ini, *Vaccinium varingiaefolium* adalah spesies yang dominan dan diikuti dengan spesies kodominan *Rhododendron retusum* dan *Gaultheria punctata* (Tabel 19, Gambar 48). Di alun-alun Mandalawangi dan alun-alun Suryakencana spesies ini tidak signifikan dan bahkan *Rhododendron retusum* tidak ada. *Leptospermum polygalifolium* dan *Paraserianthes lophantha* adalah spesies pohon yang menonjol di lokasi ini, tetapi pohon-pohon bengkok dan pendek, karena itu hanya merupakan komponen stratum belta dan perdu. Spesies ini tumbuh baik di tepi semak tepi kawah dan bersatu dengan hutan di sekitarnya yang didominasi *Paraserianthes lophantha* (Gambar 42).

Untuk stratum semai dan terna spesies paku-pakuan *Selliguea feei* benar-benar mendominasi komunitas, dengan spesies agak menonjol *Rhododendron retusum* dan *Vaccinium varingiaefolium* (Tabel 20, Gambar 50). Atas dasar dominansi perdu dan terna, semak tepi kawah ini dapat dinamakan asosiasi *Vaccinium varingiaefolium-Selliguea feei*. *Anaphalis javanica* hanya ada dalam stratum belta dan perdu tetapi sedikit. Spesies dalam stratum semai dan terna semua semai spesies pohon dan perdu, kecuali *Selliguea feei*. Semai spesies pohon *Paraserianthes lophantha* dan *Leptospermum polygalifolium*, yang menguasai hutan subalpin di sebelah petak ini tidak tampak sehingga dapat dikatakan invasi oleh dua spesies pohon ini tidak terjadi. Secara keseluruhan kerapatan belta, perdu dan semai sangat kecil (21). Dari fakta ini dapat diasumsikan bahwa tipe komunitas tidak akan berubah menjadi hutan subalpin dalam waktu dekat dan akan mempertahankan statusnya sebagai komunitas semak untuk waktu yang lama.



Kurva spesies-area untuk belta dan perdu (Gambar 47) dan untuk semai dan terna (Gambar 49) menunjukkan bahwa jumlah spesies meningkat cepat sampai luas 1.500 m² untuk stratum belta dan perdu, serta 20 m² untuk semai dan terna. Selanjutnya mulai dari titik ini penambahan jumlah spesies hanya sedikit seperti ditunjukkan oleh kurva yang mendatar. Hal ini menguatkan bahwa keanekaragaman spesies rendah. Dari kurva ini dapat pula diimplikasikan bahwa area minimum untuk stratum belta dan perdu adalah 1.500 m² dan untuk stratum semai dan terna adalah 20 m². Fakta ini dan indeks keanekaragaman Shanon yang rendah menunjukkan bahwa flora dalam tipe komunitas ini sangat miskin. Temuan penelitian ini menguatkan hasil observasi kualitatif para peneliti terdahulu, seperti Docters van Leeuwen (1933) dan Steenis dkk. (1972, 2006).



Foto: A.Sadili (2007)

Gambar 42. Asosiasi *Vaccinium varingiaefolium*-*Seliguea feei*, sebuah komunitas semak, dikelilingi oleh hutan subalpin *Paraserianthes lophantha* dekat Kawah Lanang dan Kawah Wadon di kompleks puncak G. Gede.



Foto: A. Sadili (2007)

Gambar 43. *Selliguela feei*, spesies yang dominan pada lapisan bawah asosiasi *Vaccinium varingiaefolium-Selliguela feei* dekat Kawah Lanang dan Kawah Wadon di kompleks puncak G. Gede

Komunitas semak di dekat Kawah Ratu, Kandang Badak, hulu sungai Cisaat dan Lebak Saat yang dipertelakan Docters van Leeuwen (1933) mempunyai komposisi spesies yang serupa dengan komposisi semak tepi kawah yang diteliti Sadili dkk. (2009) sehingga tiga komunitas tersebut dapat dimasukkan ke dalam asosiasi *Vaccinium varingiaefolium-Selliguela feei*.

Docters van Leeuwen (1933) membuat catatan tentang vegetasi semak subalpin dari Kandang Badak sampai puncak Pangrango. Ia mencatat bahwa flora di puncak G. Gede sangat miskin dan tumbuhan tampak sangat kekurangan hara. Ia mengatakan bahwa vegetasi di sepanjang jalan pada lereng dalam tepi lembah kawah terdiri atas pohon-pohon yang menyerupai perdu. Ia yakin bahwa vegetasi ini berkembang setelah hutan di lokasi itu ditebas habis oleh Teysmann. *Hypericum* dan *Anaphalis*, yang biasanya tidak terdapat dalam hutan subalpin, berkembang baik di bawah cahaya matahari penuh, tetapi suatu saat dua spesies ini akan menghilang dari lokasi itu bila hutan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sudah pulih. Vegetasi pada lereng sebelah dalam pada sisi ini tidak dapat disebut normal bila dibandingkan vegetasi di sisi seberangnya yang berupa hutan subalpin.

Docters van Leeuwen (1933) selanjutnya mencatat bahwa salah satu dinding Kawah Ratu berdiri tegak tanpa vegetasi, kecuali beberapa tumbuhan menempel pada celah-celah. Berdampingan dengan dinding ini adalah perpanjangan hutan dalam bentuk semak, yang terdiri atas *Anaphalis javanica*, *Gahnia*, *Gaultheria punctata*, *Gaultheria leucocarpa*, *Myrica javanica*, *Paraserianthes lophantha*, *Persicaria chinensis*, *Selliguea feei*, dan *Vaccinium varingiaefolium*. Di kaki dinding vertikal ini bertumpuk batu-batu dan di selokan yang terbentuk karena basuhan hujan tumbuh berjajar *Myrica*, yang juga tumbuh terpencah di antara selokan. Ini menunjukkan bahwa biji spesies ini dipencarkan oleh air bukan oleh burung. Sepanjang tepi hutan di lembah kawah terdapat *Lonicera javanica*, yang berbentuk liana tetapi di tempat lebih terbuka berbentuk perdu. Demikian pula *Hypericum* merambat ke atas pohon, tetapi tumbuhan ini berkembang paling baik di bagian timur laut pada dinding dalam lembah kawah. Bagian ini ditumbuhi lebat oleh *Rubus lineatus*, yang juga umum terdapat di sepanjang tepi hutan.

Selanjutnya dikemukakan bahwa dekat Kandang Badak semak seperti di atas ini terletak berdampingan dengan hutan *Vaccinium*. Perdu-perdu kecil *Anaphalis javanica*, *Myrica javanica*, *Rhododendron retusum*, dan *Vaccinium varingiaefolium* tumbuh di mana-mana pada substrat yang terdiri atas bongkahan batu. Pada cabang berbagai spesies pohon, tumbuh menggantung lumut janggut *Usnea*. Spesies perdu kecil, seperti *Gaultheria nummularioides*, dan rumput-rumput kecil teki-teki, rumput dan terna lain, seperti *Agrostis infirma*, *Agrostis plebeia*, *Carex verticillata*, *Gahnia javanica*, dan *Persicaria chinensis*. tumbuh di antara pohon-pohon kecil. Pohon dan perdu, meskipun perawakannya kecil, misalnya *Anaphalis* yang tingginya hanya 20 cm, *Vaccinium* dan *Rhododendron* yang tingginya 40 cm, sudah berbunga banyak. Tanah tertutup pertumbuhan lumut kerak *Stereocaulon graminosum*. Bagian paling timur dari cekungan kawah merupakan hamparan batuan dengan pertumbuhan lebat dari *Vac-*

cinium dan spesies lainnya Menuju ke barat akan ditemukan bagian yang paling gundul dan menyatu dengan Kawah Ratu.

Di hulu sungai Cisaat, Docters van Leeuwen (1933) menemukan batu-batu besar dan hanya berair sesuai hujan lebat. Berbagai jenis tumbuhan kawah terdapat di sepanjang tepi sungai, seperti pohon *Paraserianthes lophantha*, rumpun *Gahnia javanica* dan rumpun *Dianella javanica*, yang berbunga biru dan terdapat hanya di beberapa tempat saja di gunung ini. Batu-batu besar ditumbuhi lumut kerak dan di sana-sini ditemukan epifit dan *Dendrobium hasseltii*, dengan batang tegak dan kaku. Di punggung tepi kawah ditemukan perdu *Vaccinium varingiaefolium* dan *Rhododendron retusum*. Punggungnya sendiri tertutup lebat oleh semak, yang terdiri antara lain atas *Myrica javanica* dan *Paraserianthes lophantha* yang melimpah. Aliran lava di potong oleh jurang-jurang yang dapat dilalui sampai ke kawah Gede. Vegetasi di aliran lava ini terdiri dari rumpun-rumpun perdu yang tersebar jarang.

Di Lebak Saat, Docters van Leeuwen (1933) menunjukkan bahwa vegetasi yang berbatasan dengan hutan subalpin, adalah vegetasi pada tanah datar berpasir, yang dialiri sungai-sungai kecil yang sebagian besar kering. Vegetasi disini terdiri terutama atas tumbuhan kawah yang berupa pohon-pohon berbatang kecil dengan tinggi sampai 6 m dan tumbuh berjauhan. Oleh karena itu, tanahnya tidak ternaungi penuh tetapi juga tidak tertutup rapat oleh terna. Tanah sepanjang sungai-sungai kecil tertutup oleh lumut hati berwarna hijau cerah. Tumbuhan bawah terdiri atas anakan spesies yang menyusun hutan, seperti *Leptospermum polygalifolium*, *Rapanea avenis*, *Rhododendron retusum*, *Symplocos cochinchinensis*, dan *Vaccinium varingiaefolium*, yang melimpah serta perdu, seperti *Gaultheria leucocarpa*, *Gaultheria punctata*, *Rubus lineatus*, dan *Schefflera lucescens*. Spesies yang hemiparasit, *Scurrula*, biasa ditemukan di sini. Batang pohon-pohonan tertutup lebat oleh lumut dan lumut kerak berwarna coklat-lembayung, *Mastigophora diclados*. Epifit juga melimpah, seperti paku-pakuan *Hymenophyllaceae*, anggrek dan terna lain, seperti *Gahnia*, *Myriactis*, *Lycopodium clavatum*, dan *Lycopodium volubile*. Hamparan tanah datar ini hanya sekitar 200 m lebarnya, yang di



sebelah selatan dibatasi oleh hutan subalpin dan di utara oleh hutan muda dengan paku-pakuan lebat sebagai tumbuhan bawah.

b. Asosiasi *Anaphalis javanica*-Lumut

Vegetasi semak subalpin lain yang dicatat Docters van Leeuwen (1933) dan sebelumnya ditelaah oleh Junghuhn (1853) adalah semak yang didominasi oleh *Anaphalis javanica*. Spesies ini tumbuh sangat lebat dan berkembang pada lereng sisi lembah kawah dan tidak ada tandingannya di gunung ini. Di sini *Anaphalis* membentuk “hutan” atau semak tinggi, yang terdiri atas pohon-pohon dengan tinggi sekitar 4 m dan lantai hutan ditumbuhi lumut. Di antara lumut ini tumbuh berbagai tera, seperti *Carex verticillata*, *Gaultheria nummularioides*, *Lycopodium miniatum*, *Myriactis javanica*, *Nertera granadensis*, *Swertia javanica*, dan *Viola pilosa*. Batang-batang *Anaphalis* tertutup lebat oleh lumut dan lumut kerak. Spesies *Anaphalis* ini tumbuh bersama dengan spesies lain yang terdapat di bawah *Anaphalis* tetapi tidak dominan. Semak subalpin ini dapat dinamakan sebagai asosiasi *Anaphalis javanica*-Lumut. Di ujung bawah hutan subalpin komunitas semak ini menyatu dengan alun-alun Mandalawangi di puncak G. Pangrango dan alun-alun Suryakencana di puncak G. Gede. *Anaphalis javanica* adalah tumbuhan sangat khas dan Steenis dkk. (1972, 2006) membuat uraian yang terperinci tentang spesies ini.

3. Padang Rumput

Docters van Leeuwen (1933) dan Steenis dkk. (1972, 2006) memperkirakan bahwa selain hutan di daerah puncak G. Gede-Pangrango terdapat pula vegetasi pendek tanpa pohon, dengan komposisi utama berupa rumput-rumputan dan teki-teki yang kadang-kadang disertai perdu pendek. Antara vegetasi terbuka dan hutan terdapat batas yang nyata. Di puncak G. Pangrango contoh vegetasi seperti itu terdapat di tempat cekung yang tepinya berbatasan dengan hutan. Junghuhn (1845) berasumsi bahwa vegetasi terbuka ini terbentuk oleh letusan terakhir dan pada suatu saat akan berubah menjadi hutan kembali, tetapi karena tanahnya tidak cocok untuk pertumbuhan pohon maka perubahan ini berjalan lambat.

Steenis dkk. (1972, 2006) menyatakan bahwa semua padang rumput pegunungan terbentuk setelah kerusakan hutan, terutama yang disebabkan kebakaran dan pembentukan ini berjalan lambat sekali. Komunitas rumput berkembang terutama di tempat-tempat yang banyak mendapat sinar matahari, seperti di lokasi yang berbatu-batu, sepanjang aliran sungai dan di pinggir rawa, di dekat tempat yang terganggu oleh kegiatan vulkanik dan tanah longsor. Sebagian besar spesies di padang rumput pegunungan adalah asli, termasuk *Agrostis infirma* dan *Agrostis plebeia*. Spesies rumput ini bercampur dengan spesies terena lain yang tidak pernah tumbuh berkelompok, kecuali *Carex verticillata*.

Sadili dkk. (2009) menelaah secara kuantitatif padang rumput di alun-alun Mandalawangi dan alun-alun Suryakencana. Alun-alun Mandalawangi (Gambar 44) terletak pada elevasi 2.978 m di atas permukaan laut pada 06° 46' 403" Bujur Timur dan 106° 58' 042" Lintang Selatan, sekitar 100 m arah timur laut dari puncak G. Pangrango. Alun-alun ini adalah sebuah cekungan yang berasal dari kawah yang tidak aktif lagi dan sekarang berupa lapangan terbuka membulat dengan diameter sekitar 250 m dan luas sekitar 5 ha. Bagian tengah lapangan ini agak datar dan terdiri atas pasir dan kerikil, sedangkan bagian luar menuju ke tepi merupakan lereng landai dengan ketebalan tanah 3–5 cm dan tertutup oleh *Anaphalis javanica*. Di tengah alun-alun, sebuah sungai kecil mengalir dari timur ke barat. Di tepi alun-alun terdapat hutan yang penuh dengan lumut janggut *Usnea* dan lumut-lumut lain dan ketebalan tanah di dalam hutan ini sekitar 10 cm. Pada Agustus 2007, cuaca kering dengan suhu sekitar 4°C pada pukul 06.00 pagi, 18°C pada tengah hari, dan 12°C pada pukul 21.00 malam. Kabut turun setiap hari antara pukul 16.00 sore dan 22.00 malam.

Alun-alun Suryakencana (Gambar 45) adalah sebuah vegetasi terbuka berbentuk bulan sabit, yang berkembang pada kawah vulkanik yang sudah mati. Alun-alun ini mempunyai panjang sekitar 2 km dan lebar sekitar 200 m, dengan luas total 49,72 ha, dan membentang dari timur laut ke barat daya. Alun-alun ini terletak sekitar 200 m di bawah puncak G. Gede pada celah sempit yang memisahkan G. Gede di bagian utara dan G. Gumuruh di bagian selatan, pada posisi

06° 46' 200" Bujur Timur dan 106° 57' 821" Lintang Selatan, pada elevasi 2,719 mdpl. Pada bagian barat lahan miring ke bagian tengah yang dialiri sebuah sungai yang relatif besar dengan sungai-sungai kecil yang mengalir dari lereng landai sekitarnya. Pada musim hujan air melimpah tetapi pada musim kemarau sungai kering (Steenis dkk., 1972, 2006). Di sebelah timur lereng lebih landai, terutama dari bagian tengah ke arah sisi timur alun-alun. Tanah di bagian tengah alun-alun kuning, tipis, dan bercampur dengan pasir dan kerikil, sedangkan di tepi yang bersebelahan dengan hutan tanah kuning tua setebal 5–10 cm bercampur kerikil dan batu-batu besar. Di antara batu-batu ini tumbuh *Anaphalis javanica* yang kerdil dan seluruh permukaan tanah di antara *Anaphalis* tertutup lumut kerak *Stereocaulon graminosum* dan lumut *Rhacomitrium lanuaginosum* (Docters van Leeuwen, 1933).



Foto: A. Sadili (2007)

Gambar 44. Asosiasi *Anaphalis javanica*-*Isachne pangerangensis* sebuah komunitas subalpin di alun-alun Mandalawangi di puncak G. Pangrango yang dikelilingi hutan *Leptospermum polygalifolium*.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Foto: A. Sadili (2007)

Gambar 45. Asosiasi *Anaphalis javanica-Tripogon filiformis*, sebuah komunitas subalpin di alun-alun Suryakencana di puncak G. Gede yang dikelilingi hutan subalpin yang didominasi oleh *Vaccinium varingiaefolium*, *Leptospermum polygalifolium*, dan *Paraserianthes lophantha*.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Foto A. Sadili (2007)

Gambar 46. *Anaphalis javanica* spesies yang dominan pada lapisan atas dalam tipe komunitas *Anaphalis javanica-Isachne pangerangensis* di alun-alun Mandalawangi dan tipe komunitas *Anaphalis javanica-Tripogon filiformis* di alun-alun Suryakencana.

Sadili dkk. (2009) mengemukakan bahwa dalam 73 petak cuplikan dengan total luas 7.300 m² tercatat hanya 28 spesies yang termasuk ke dalam 16 suku. Pada stratum belta dan perdu tercatat sebanyak 16 spesies (13 spp. di Mandalawangi, 14 spp. di Suryakencana). Dari total 16 spesies dalam stratum belta dan perdu, 11 spesies terdapat di Mandalawangi dan Suryakencana, dua spesies hanya di Mandalawangi saja, dan tiga spesies hanya di Suryakencana saja (Tabel 19). Dalam stratum ini indeks keanekaragaman Shannon rendah, yaitu 1,69 untuk Mandalawangi, 1,67 untuk Suryakencana. Kurva spesies-area (Gambar 47) menunjukkan bahwa jumlah spesies meningkat cepat sampai luas 1.500 m² dan selanjutnya penambahan jumlah spesies hanya sedikit seperti ditunjukkan oleh kurva yang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

mendatar. Ini menguatkan bahwa keanekaragaman spesies rendah. Dari kurva ini dapat pula diimplikasikan bahwa area minimum untuk komunitas belta dan perdu di sini adalah 1.500 m².

Selanjutnya dalam stratum ini terlihat bahwa *Anaphalis javanica* dominan seperti ditunjukkan oleh Nilai Kepentingan (*Importance Value*) atau disingkat NK dan dominansi yang tinggi di alun-alun Mandalawangi dan alun-alun Suryakencana, tetapi kehadirannya di semak tepi kawah tidak signifikan (Gambar 48, Tabel 19). Beberapa spesies yang bersama-sama mendominasi semak tepi kawah adalah *Gaultheria punctata*, *Rhododendron retusum*, dan *Vaccinium varingaefolium*. Di Mandalawangi dan Suryakencana *Gaultheria punctata* dan *Vaccinium varingaefolium* tidak signifikan dan bahkan *Rhododendron retusum* tidak ada. *Paraserianthes lophantha* dan *Leptospermum polygalifolium*, dengan batang pendek dan bengkok, adalah spesies pohon yang menonjol di lokasi ini dan hanya merupakan komponen stratum belta dan perdu. Spesies ini tumbuh baik di tepi alun-alun dan bersatu dengan hutan di sekitarnya yang didominasi *Leptospermum polygalifolium* dengan tinggi lebih dari tiga meter. Tampaknya ini adalah sebuah varian yang tidak berkembang baik dari hutan subalpin yang terdapat di daerah puncak yang telah diuraikan secara kuantitatif oleh Yamada (1977) dan sebelumnya secara kualitatif oleh Docters van Leeuwen (1933) dan Steenis dkk. (1972, 2006), yang mengatakan bahwa *Leptospermum polygalifolium*, *Paraserianthes lophantha*, dan *Vaccinium varingaefolium* adalah spesies utamanya.

Tabel 19. Daftar spesies belta, perdu, dan terna berkayu dengan nilai Dominansi Relatif (DR) dan Nilai Kepentingan (NK) dalam vegetasi di alun-alun Mandalawangi, alun-alun Suryakencana, dan semak tepi kawah di daerah puncak G. Gede-Pangrango.

SPESIES	SUKU	MANDALA-WANGI		SURYAKENCANA				SEMAK TEPI KAWAH
		DR	NK	DR	NK	DR	NK	
1 <i>Anaphalis javanica</i>	<i>Asteraceae</i>	69,0	187,0	82,8	194,3	1,0	8,5	
2 <i>Vaccinium varingaefolium</i>	<i>Ericaceae</i>	6,3	16,8	4,7	25,6	72,0	183,7	

3	<i>Leptospermum polygalifolium</i>	Myrtaceae	5,0	26,5	1,8	13,5	1,0	2,9
4	<i>Gaultheria punctata</i>	Ericaceae	0,8	6,0	7,6	43,0	8,6	30,0
5	<i>Symplocos coccinchenis</i>	Symplocaceae	3,4	9,4	0,4	4,1	0,9	2,8
6	<i>Rubus lineatus</i>	Rosaceae	0,4	5,4	0,1	1,1	0,7	2,6
7	<i>Eurya glabra</i>	Theaceae	2,9	4,9	0,2	1,1	0,6	6,5
8	<i>Lonicera javanica</i>	Caprifoliaceae	2,1	8,1	0,8	5,9		
9	<i>Photinia integrifolia</i>	Rosaceae	0,8	7,4	1,1	6,6		
10	<i>Rapanea arenis</i>	Myrsinaceae	1,7	13,1	0,1	0,9		
11	<i>Vaccinium laurifolium</i>	Ericaceae	1,3	4,9	0,3	1,6		
12	<i>Rubus</i> sp.	Fabaceae			0,0	0,3		
13	<i>Dicrochepala chrysantemifolia</i>	Asteraceae			0,1	1,1		
14	<i>Paraserianthes lophantha</i>	Rosaceae			0,0	0,7	3,1	11,3
15	<i>Rhododendron retusum</i>	Ericaceae					11,7	47,7
16	<i>Schefflera lucescens</i>	Araliaceae					0,6	4,6
17	<i>Malus domestica</i>	Rosaceae	5,4	6,1				
18	<i>Hypericum leschnaaultii</i>	Hypericaceae	0,8	4,6				
JUMLAH SPESIES			13		14		11	

Sumber: Diolah dengan izin dari Sadili dkk. (2009)

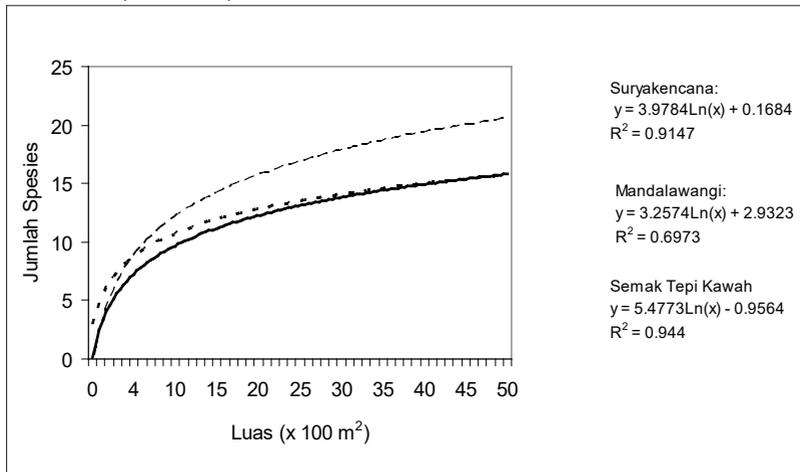
Dari Tabel 19 dan pengamatan lapangan tampak bahwa *Anaphalis javanica* tersebar luas di seluruh lokasi dan membentuk tegakan lebat di pinggir Mandalawangi dan Suryakencana. Sebaliknya spesies ini tersebar jarang di semak tepi kawah dan hanya tumbuh pada tanah yang padat dan keras di antara batu-batu besar. Di luar petak *Anaphalis javanica* terdapat di lembah-lembah kawah yang masih aktif dan sudah mati. Komunitas *Anaphalis* berkembang lebat pada lereng dan membentuk semak tinggi sampai 15 m. *Anaphalis javanica* tumbuh dalam kelompok pada lahan datar atau miring dengan tanah miskin berpasir atau tanah berbatu-batu. Steenis dkk. (1972, 2006) mencatat bahwa rumpun *Anaphalis* dari waktu ke waktu mati karena embun beku sering terjadi pada malam hari. Docters van Leeuwen (1933) mengatakan bahwa berbagai aspek dari alun-alun tidak berubah sejak diuraikan oleh Junghuhn (1845) dan kemudian oleh Korthals (1848). Selanjutnya dikemukakan bahwa *Anaphalis*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

javanica tidak hanya terdapat di G. Gede-Pangrango, tetapi juga melimpah di alun-alun G. Papandayan, dan tumbuh juga di G. Ciremai, G. Sumbing, dan G. Sindoro meskipun tidak terlalu lebat.

Kehadiran pohon apel (*Malus domestica*) di Mandalawangi dan Suryakencana cukup menarik. Pohon-pohon ini adalah apel yang tersisa dan mampu hidup dan ini merupakan salah satu spesies buah-buahan dan sayuran dari daerah iklim sedang (*temperate*) yang ditanam di kebun percobaan di Kandang Badak oleh Teysmann pada 1839.

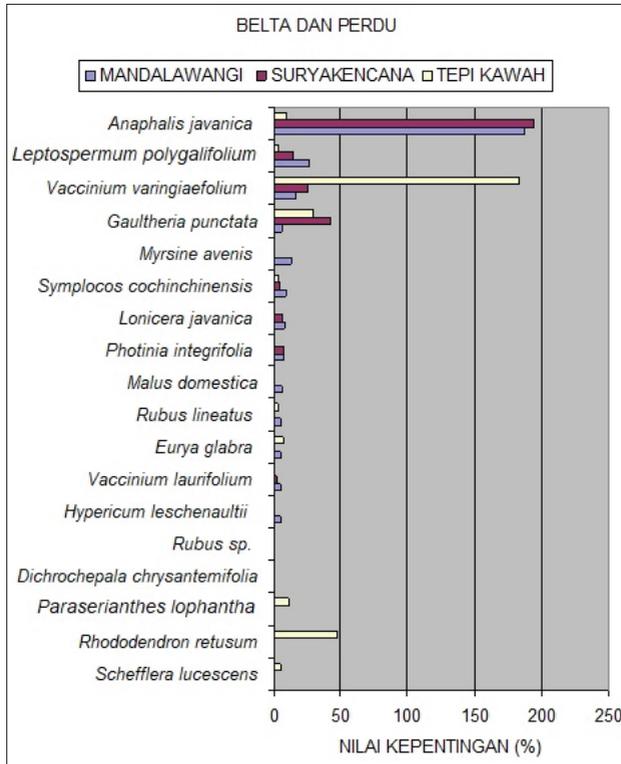
Dalam stratum semai dan terna tercatat seluruhnya 20 spesies, 11 spesies di antaranya terdapat di Mandalawangi dan 16 spesies di Suryakencana (Tabel 20). Tampak bahwa terdapat spesies dengan sebaran terbatas, yaitu empat spesies hanya di Mandalawangi dan enam hanya di Suryakencana.



Ket.: Kurva menunjukkan jumlah spesies yang meningkat cepat sampai luas 1.500 m² dan selanjutnya penambahan jumlah spesies hanya sedikit yang ditunjukkan oleh kurva yang mendatar. Dari kurva ini dapat pula diimplikasikan bahwa area minimum untuk komunitas belta dan perdu di sini adalah 1.500 m².

Sumber: Direproduksi dan dimodifikasi dengan izin dari Sadili dkk. (2009).

Gambar 47. Kurva spesies-area untuk belta, perdu, dan terna berkayu di alun-alun Mandalawangi, alun-alun Suryakencana, dan semak tepi kawah di kawasan puncak G. Gede-Pangrango.



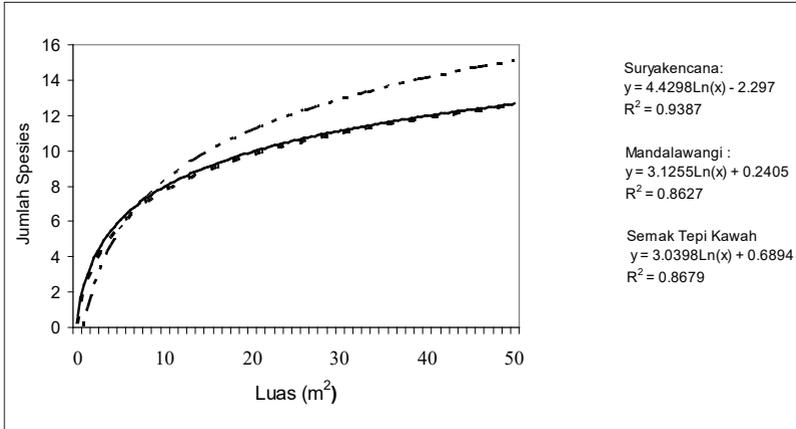
Sumber: Direproduksi dan dimodifikasi dengan izin dari Sadili dkk. (2009)

Gambar 48. Nilai Kepentingan belta dan perdu yang di dominasi *Anaphalis javanica* di alun-alun Mandalawangi dan alun-alun Suryakencana serta semak tepi kawah yang didominasi *Vaccinium varingaefolium* di kawasan puncak G. Gede-Pangrango.

Indeks Keanekaragaman Shannon dalam stratum ini rendah, yaitu 1,82 untuk Mandalawangi dan 2.17 untuk Suryakencana. Kurva spesies-area (Gambar 49) menunjukkan bahwa jumlah spesies semai dan terna meningkat cepat sampai luas 20 m² dan selanjutnya kurva agak mendatar dengan jumlah spesies yang meningkat sedikit. Ini menyatakan keanekaragaman spesies yang rendah. Dari kurva ini dapat diimplikasikan bahwa area minimum untuk komunitas di sini adalah 20 m².

Di Mandalawangi dan Suryakencana, Sadili dkk. (2009) merekam bahwa dua spesies *Poaceae* dan satu *Cyperaceae* merupakan jenis utama dalam stratum ini, dengan *Isachne pangerangensis* sebagai spesies dominan serta *Tripogon filiformis* dan *Carex verticillata* sebagai spesies dominan lainnya, (Tabel 20, Gambar 51). Asosiasi antara *Isachne pangerangensis* dan *Tripogon filiformis* di Mandalawangi adalah positif, tetapi di Suryakencana negatif, yang mungkin disebabkan oleh perbedaan kondisi habitat. Di luar petak penelitian tercatat lima spesies rumput tambahan, yaitu *Agrostis infirma*, *Agrostis plebeia*, *Isachne globosa*, *Poa annua*, dan *Vulpia bromoides*. Sementara itu, Steenis dkk. (1972, 2006) hanya mencatat lima spesies di daerah G. Pangrango. *Vulpia bromoides* merupakan rekaman baru (Sumadijaya & Veldkamp, 2009) karena sebelumnya tidak pernah dilaporkan ada di daerah ini (Steenis dkk., 1972, 2006; Sunarno & Rugayah, 1992). Sementara itu, alang-alang *Imperata cylindrica* terdapat juga di sini. Spesies ini menginvasi tempat-tempat bekas terbakar dan tempat perkemahan yang ditinggalkan di dalam vegetasi Suryakencana sehingga mengancam kemurnian komunitas subalpin asli ini. Tampaknya alang-alang tiba ke sini hanya sejak beberapa dasawarsa terakhir karena spesies ini tidak tercatat di lokasi ini dan hanya terdapat di lereng G. Gede-Pangrango pada elevasi kurang dari 2.000 m (Docters van Leeuwen, 1933; Steenis dkk., 1972, 2006). *Isachne globosa* juga sebuah spesies eksotik dan menginvasi lokasi itu tetapi tidak sehebat *Imperata cylindrica*.

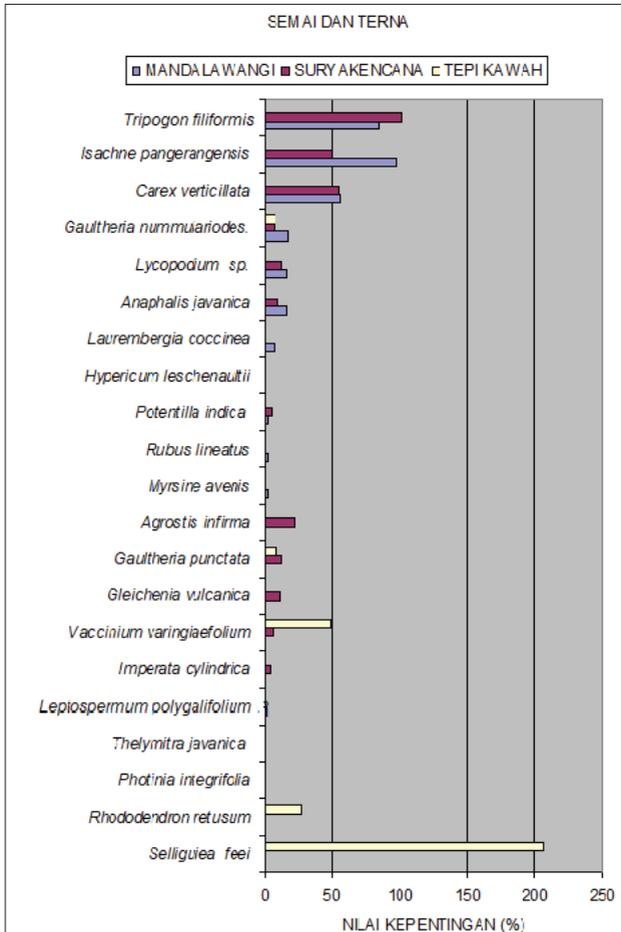




Ket.: Kurva menunjukkan bahwa jumlah spesies semai dan terna meningkat cepat sampai luas 20 m² dan setelah itu kurva agak mendatar dengan jumlah spesies yang meningkat sedikit. Dari kurva ini dapat diimplikasikan bahwa area minimum untuk komunitas semai dan terna di sini adalah 20 m².

Sumber: Direproduksi dan dimodifikasi dengan izin dari Sadili dkk. (2009).

Gambar 49. Kurva spesies-area untuk semai dan terna di alun-alun Mandalawangi, alun-alun Suryakencana, dan semak tepi kawah di kawasan puncak G. Gede-Pangrango.



Ket.: Didominasi *Isachne pangerangensis*, *Tripogon filiformis* dan *Carex verticillata*), dan semak tepi kawah (didominasi *Vaccinium varingaefolium* dan *Seligiea feei*) di kawasan puncak G. Gede-Pangrango

Sumber: Direproduksi dan dimodifikasi dengan izin dari Sadilk. (2009)

Gambar 50. Nilai Kepentingan Semai dan Terna di Alun-alun Mandalawangi dan Alun-alun Suryakencana

Tabel 20. Daftar spesies semai dan terna dengan persentase Dominansi Nisbi (DN) dan Nilai Kepentingan (NK) dalam petak pengamatan di alun-alun Mandalawangi, alun-alun Suryakencana, dan semak tepi kawah di daerah puncak G. Gede-Pangrango.

No	Spesies	Suku	Mandalawangi		Suryakencana		Semak Tepi Kawah	
			DN	NK	DN	NK	DN	NK
1	<i>Gaultheria nummularioides.</i>	<i>Ericaceae</i>	0,4	17,43	0,79	7,30	0,2	8,19
2	<i>Hypericum leschenaultii</i>	<i>Hypericaceae</i>	0,1	1,13				
3	<i>Laurembergia coccinea</i>	<i>Haloragaceae</i>	1,7	6,76				
4	<i>Rubus lineatus</i>	<i>Rosaceae</i>	0,4	1,43				
5	<i>Rapanea avenis</i>	<i>Myrsinaceae</i>	0,2	1,43				
6	<i>Tripogon filiformis</i>	<i>Poaceae</i>	38,5	84,68	54,66	101,60		
7	<i>Isachne pangerangensis</i>	<i>Poaceae</i>	30,3	97,31	7,05	49,43		
8	<i>Carex verticillata</i>	<i>Cyperaceae</i>	18,7	5,88	18,32	55,08		
9	<i>Anaphalis javanica</i>	<i>Asteraceae</i>	2,6	6,07	1,53	10,20		
10	<i>Potentilla indica</i>	<i>Rosaceae</i>	0,2	1,53	1,17	5,05		
11	<i>Lycopodium sp.</i>	<i>Lycopodiaceae</i>	7	16,46	0,93	12,47		
12	<i>Thelymitra javanica</i>	<i>Orchidaceae</i>			0,47	0,74		
13	<i>Gleichenia vulcanica</i>	<i>Gleicheniaceae</i>			2,4	11,87		
14	<i>Imperata cylindrica</i>	<i>Poaceae</i>			0,74	3,79		
15	<i>Leptospermum polygalifolium</i>	<i>Myrtaceae</i>			0,35	0,88		
16	<i>Agrostis infirma</i>	<i>Poaceae</i>			5,92	22,25		
17	<i>Photinia integrifolia</i>	<i>Rosaceae</i>			0,47	0,73		
18	<i>Vaccinium varingiaefolium</i>	<i>Ericaceae</i>			2,56	6,12	17,4	49,48
19	<i>Gaultheria punctata</i>	<i>Ericaceae</i>			2,6	12,18	1,1	9,09
20	<i>Rhododendron retusum</i>	<i>Ericaceae</i>			0,04	0,30	2,5	6,38
21	<i>Selligouea feei</i>	<i>Polypodiaceae</i>					78,7	06,9
JUMLAH SPESIES			11		16		5	

Sumber: Direproduksi dan dimodifikasi dengan izin dari Sadili dkk. (2009)

Sadili dkk. (2009) menunjukkan bahwa ke arah pinggir Mandalawangi komunitas menjadi lebih kaya, dan rumput *Agrostis infirma* serta *Agrostis plebeia* bersama dengan rumput teki-tekiian membentuk bercak-bercak. Di sebelah barat daya, bagian tengah tertutup

karpet tebal *Isachne pangerangensis* yang basah. Di sebelah timur air keluar dari tanah dan pada musim hujan lokasi ini menjadi rawa rumput-rumputan dan teki-teki dan sering kali lumut *Sphagnum* dominan dan menjadi penyumbang utama dalam pembentukan gambut (Steenis dkk., 1972, 2006).

Di Mandalawangi, Suryakencana, dan semak tepi kawah, Sadili dkk. (2009) hanya dapat mengenal dua stratum dalam komunitas, yaitu stratum belta dan perdu serta stratum semai dan terna. Dikemukakan bahwa selain dari stratifikasi, kerapatan adalah satu-satunya parameter vegetasi yang paling baik untuk memperlakukan struktur komunitas, seperti tampak dalam Tabel 21 yang menunjukkan kerapatan tumbuhan dalam dua stratum. Dalam stratum pertama kerapatan tertinggi terdapat di semak tepi kawah, yang terdiri atas spesies berkayu *Gaultheria punctata*, *Leptospermum polygalifolium*, *Paraserianthes lophantha*, dan *Vaccinium varingiaefolium*. Kerapatan spesies tersebut rendah pada stratum semai dan terna, sementara *Selliguea feei* menonjol (Gambar 50, Tabel 20). Tinggi *Anaphalis javanica* mencapai 109 cm di Mandalawangi dan 77 cm di Suryakencana, tetapi di Semak Tepi Kawah dapat sampai 143 cm, yang tumbuh secara tunggal dan tersebar pada substrat halus antara batu-batu vulkanik dan tampaknya tumbuh tanpa saingan dari tumbuhan lain.

Kerapatan, dominansi, dan nilai kepentingan semai rendah, baik di Mandalawangi maupun di Suryakencana, yang menduduki peringkat keenam dan kedelapan (Tabel 20). Tercatat kerapatan semai 1.304 per ha di Mandalawangi dan 15.800 per ha di Suryakencana, jauh lebih rendah daripada semai dan terna lain. Ini menunjukkan bahwa regenerasi spesies di bawah naungannya sendiri tidak baik, yang dapat diartikan bahwa spesies ini mempunyai status sebagai spesies pionir. Semai *Anaphalis javanica* juga tumbuh sangat lambat dan merupakan spesies pionir berumur panjang yang tumbuh pada endapan abu gunung dan substrat lain di sekitar kawah dan juga mampu menginvasi hutan subalpin yang terbakar, yang kemudian menghilang setelah hutan ini pulih kembali (Steenis dkk., 1972, 2006). Situasi ini ditunjukkan oleh hutan subalpin bawah yang lebat pada lereng barat G. Gumuruh, yang terbakar pada tahun 1914, yang



diinvasi oleh *Anaphalis javanica*, tetapi kemudian perlahan-lahan hutan pulih kembali (Docters van Leeuwen, 1933). Steenis dkk. (1972, 2006) menyatakan bahwa pertumbuhan lambat spesies ini terkait dengan kondisi tanah yang miskin yang disebabkan proses pelapukan dan pembentukan tanah berjalan sangat lambat, dibarengi dengan pembasuhan hara yang cepat sebagai akibat dari curah hujan dan porositas substrat yang tinggi. Kondisi seperti itu tidak menguntungkan untuk regenerasi hutan tetapi memberi kesempatan bagi *Anaphalis javanica* untuk berkembang karena pertumbuhannya tidak memerlukan tanah yang baik. Tampaknya kebakaran sudah sering terjadi di alun-alun dan lebih sering lagi pada masa-masa terakhir ini karena kunjungan-kunjungan penjelajah alam yang sering berkemah dengan nyamannya di alun-alun, tetapi sering kali ceroboh meninggalkan tempat perkemahan tanpa memadamkan api. Data Sadili dkk. (2009) menunjukkan bahwa spesies pohon dan perdu, seperti *Paraserianthes lophantha*, *Leptospermum polygalifolium*, *Rapanea avenis*, *Symplocos cochinchinensis*, dan *Vaccinium varingaefolium*, menginvasi komunitas ini, tetapi lemah.

Menggunakan nilai kepentingan tertinggi spesies dalam stratum belta dan perdu serta spesies dalam stratum semai dan terna sebagai landasan, Sadili dkk. (2009) menamakan vegetasi di Mandalawangi sebagai asosiasi *Anaphalis javanica-Isachne pangerangensis*, sedangkan vegetasi di Suryakencana sebagai asosiasi *Anaphalis javanica-Tripogon filiformis*. Perbedaan penguasaan spesies rumput di Mandalawangi dan Suryakencana mungkin terkait dengan perbedaan elevasi. Dengan menggunakan formula Indeks Kesamaan (IK) Jaccard (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016) berdasarkan nilai kepentingan, IK tipe komunitas Mandalawangi dan Suryakencana sangat tinggi, yaitu 95,82% untuk stratum belta dan perdu dan 75,23% untuk stratum semai dan terna. Kesamaan antara tipe komunitas di semak tepi kawah dan tipe komunitas di Mandalawangi dan Suryakencana pada stratum belta dan perdu cukup tinggi juga, yaitu IK berturut-turut sebesar 69,60% dan 78,93%, sedangkan pada stratum semai dan terna kesamaannya sangat rendah, yaitu IK sebesar 2,11% dan 9,72%.

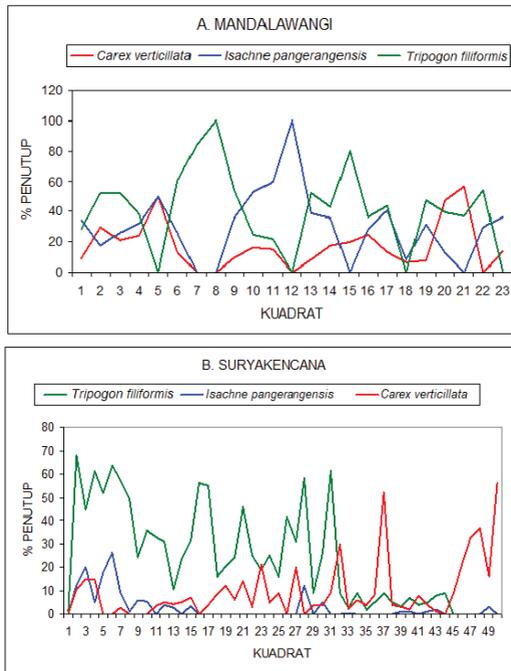
Satu spesies penting lainnya yang tersebar luas adalah *Carex verticillata* (Gambar 51 dan Tabel 20), yang nilai penutupnya cenderung meningkat dan mengambil alih dominansi jika nilai penutup *Isachne pangerangensis* atau *Tripogon filiformis* rendah atau spesies tidak hadir dalam komunitas (dengan koefisien korelasi R berturut-turut -0,31 dan 0,19 di Mandalawangi dan -0,24 dan 0,19 di Suryakencana). Kehadiran korelasi seperti itu mencerminkan pola dalam vegetasi dan biasanya terkait dengan faktor habitat, yang masih perlu untuk diteliti lebih lanjut.

Sadili dkk. (2009) menyimpulkan bahwa hasil penelitian kuantitatif mutakhir ini menguatkan hasil-hasil penelitian kualitatif terdahulu. Komposisi spesies dalam tipe komunitas di Mandalawangi, Suryakencana, dan semak tepi kawah sangat miskin dan tidak banyak berubah dibandingkan pengamatan Hasskarl (1841) dan Docters van Leeuwen (1933), meskipun beberapa spesies tidak lagi ditemukan sekarang. Kebakaran berulang dan tanah miskin tampaknya merupakan faktor yang mempertahankan kelestarian komunitas *Anaphalis javanica*, tetapi kebakaran juga membuka jalan bagi masuknya spesies eksotik yang agresif, yang sebelumnya tidak tercatat di sini dan sekarang mengancam kemurnian komunitas terna asli subalpin di puncak G. Gede-Pangrango. Terdapat indikasi lemah bahwa komunitas di alun-alun ini diinvasi oleh spesies pohon, yang perlu untuk diklarifikasi lebih lanjut dengan pemantauan dan penelitian dinamika ekologi berjangka panjang.

Tabel 21. Kerapatan (individu/ha) belta, perdu, semai, dan terna dalam dua stratum pada komunitas yang didominasi oleh *Anaphalis javanica* di Mandalawangi, Suryakencana, dan semak tepi kawah.

Stratum	Bentuk hidup dan spesies	Kerapatan (Individu/ha)		
		Mandalawangi	Suryakencana	Semak tepi kawah
1	(a) Belta dan perdu (b) <i>Anaphalis javanica</i>	2461 1596	2960 1976	5060 400
	(a) Semai dan terna (b) <i>Anaphalis javanica</i>	2.830.435 11.304	2.721.780 15.800	776.000 0

Sumber: Direproduksi dan dimodifikasi dengan izin dari Sadili dkk. (2009)



Sumber: Direproduksi dan dimodifikasi dengan izin dari Sadili dkk. (2009)

Gambar 51. Persentase penutup *Carex verticillata*, *Isachne pangerangensis*, dan *Tripogon exiguus* dalam kuadrat di alun-alun Mandalawangi (A) dan alun-alun Suryakencana (B).

Laurembergia coccinea dalam asosiasi *Anaphalis javanica*-*Isachne pangerangensis* di Mandalawangi bukan spesies yang penting dengan $NK = 6.76$ (Tabel 21 dan Gambar 51). Akan tetapi, Docters van Leeuwen (1933) menegaskan bahwa di tempat-tempat basah dan bahkan di sungai-sungai kecil di luar petak penelitian Sadili dkk. (2009), spesies ini tumbuh menonjol karena batangnya yang merah. Tumbuhan ini membentuk tikar tebal karena dari ranting-rantingnya tumbuh akar-akar kecil yang menempel kuat sekali pada

tanah. Di berbagai tempat, terutama di parit-parit yang terbentuk karena erosi air hujan, terbentuk asosiasi yang mencolok antara tumbuhan ini dengan lumut yang berwarna hampir hitam, *Enthostodon beuseanus*. Docters van Leeuwen (1933) menyebut asosiasi ini *schneetälchenähnlich* yang berarti “seperti yang di lembah salju kecil”, yang mengingatkannya kepada asosiasi antara *Arenaria biflora* dan *Polytrichum* di pegunungan Alpen, tetapi kondisinya berbeda sehingga kesamaan antara dua asosiasi ini hanya luarnya saja.

Pengamatan Docters van Leeuwen (1933) di sebelah barat daya alun-alun di puncak G. Pangrango menunjukkan bahwa parit-parit samping dari sungai membentuk alur dangkal dengan vegetasi yang di bagian tengahnya tertutup seluruhnya oleh permadani tebal *Isachne pangerangensis* yang meneteskan air. Di pinggir hutan, *Swertia javanica* tumbuh melimpah. *Fragaria vesca*, stroberi yang ditanam Teysman pada tahun 1839, masih terdapat di sini. Spesies ini lebih sering terdapat di bagian cekungan kawah, yang pada suatu waktu pernah ditebas tetapi kemudian ditumbuhi kembali oleh semak-semak. Menarik untuk dicatat bahwa *Funaria hygrometrica* berkembang pada dan di antara arang yang ditinggalkan orang berkemah. *Cerastium* dan *Sonchus* ditemukan juga di sini. Batang *Anaphalis* dalam sabuk di batas hutan tertutup lebat oleh berbagai spesies lumut kerak.

Di Lebak Saat, Docters van Leeuwen (1933) merekam bahwa tempat terbuka datar adalah sisa-sisa kawah tua dan sekarang seluruhnya tertutup aliran lava yang disebarkan oleh titik-titik letusan yang lebih muda. Di tempat datar ini tumbuh *Paraserianthes lophantha*, yang sebagian besar mati, dan vegetasi tertutup *Anaphalis javanica*, yang dikelilingi sekitarnya oleh hutan subalpin bawah. Bila dilihat dari atas komunitas ini tampak sebagai lapangan pucat di tengah hutan yang berwarna hijau tua. Sepanjang tepi hutan tumbuh lebat dan melimpah *Leptospermum*. Flora di permukaan tanah sama dengan di alun-alun G. Pangrango dan alun-alun G. Gede. Tanah terpecah-pecah dan berbatu, yang tertutup lumut kerak *Stereocaulon graminosum*, lumut *Rhacomitrium lanuginosum*, dan berbagai spesies terna, termasuk *Agrostis infirma*, *Agrostis plebeia*, *Carex*

verticillata, *Gahnia javanica*, *Gentiana quadrifaria*, *Laurembergia coccinea*, *Lycopodium clavatum*, *Myriactis javanica*, *Swertia javanica*, dan *Thelymitra javanica*. Vegetasi ini dapat dimasukkan ke dalam asosiasi *Anaphalis javanica-Tripogon filiformis*.

4. Padang rumput rawa gambut subalpin

Menurut Steenis dkk. (1972, 2006) dan Docters van Leeuwen (1933), di Jawa, termasuk G. Gede-Pangrango, padang rumput rawa gambut terdapat pada elevasi 2.000-3.500 mdpl. Komunitas ini tidak eksten-sif, mempunyai sebaran agak terbatas, dan terbentuk di tempat-tem-pat basah dengan drainase yang tidak baik sehingga kondusif untuk pembentukan gambut. Padang rumput rawa gambut merupakan komponen dan varian lokal dari asosiasi *Anaphalis javanica-Isachne pangerangensis* di alun-alun Mandalawangi dan asosiasi *Anaphalis javanica-Tripogon filiformis* di alun-alun Suryakencana. Spesies yang khas antara lain adalah teki-tekian (*Cyperaceae*), termasuk *Carex* spp., *Cyperus tenuispica*, *Eleocharis tetraquerta*, *Fimbristylis consanguinea*, *Isolepis fluitans*, *Kyllinga melanosperma*, *Rhynchospora rugosa*, dan *Schoenoplectiella mucronata*, yang bercampur dengan berbagai jenis terna, seperti *Eriocaulon brownianum*, *Eriocaulon solyanum*, *Juncus effusus*, *Juncus prismatocarpus*, *Oenanthe javanica*, *Parochetus com-munis*, *Potamogeton octandrus*, dan *Xyris capensis*. Tidak jarang pula lumut *Spaghnum* merajai dan merupakan penyumbang utama dalam pembentukan gambut.

D. Vegetasi Terna Rawa Musiman Subalpin

Vegetasi terna rawa ini banyak terdapat di pegunungan tinggi de-ngan elevasi lebih dari 3.000 mdpl, terutama di Papua (Johns, 2007) dan di Jawa terdapat antara lain di G. Pangrango. Docters van Leeu-wen (1933) mencatat bahwa di sebelah utara dinding Kawah Ratu terdapat Kawah Lanang, yang berbentuk cawan dangkal dengan dasar yang datar dan dinding terjal. Bagian utara dari dasar cawan ini menjadi rawa pada waktu hujan dan di sini berkembang vegetasi terna rawa musiman dengan spesies yang juga terdapat di alun-alun bertanah kering, termasuk *Carex verticillata*, yang bercampur dengan

Agrostis infirma, *Gaultheria* spp., *Lycopodium clavatum*, *Lycopodium wightianum*, anakan *Leptospermum polygalifolium*, *Swertia javanica*, *Symplocos cochinchinensis*, dan *Thelymitra javanica*. Pada musim hujan, rawa musiman terbentuk di sebelah timur laut lembah kawah puncak G. Pangrango. Di sungai-sungai kecil, terutama di bagian barat daya, terbentuk kolam-kolam kecil. Di sini selain *Spyrogira* (ganggang yang berbentuk benang), tumbuh juga teki-tekiian *Isolepis fluitans*, yang membentuk bantalan-bantalan di tepi sungai.

E. Vegetasi Subalpin pada Habitat Khusus

1. Kawah dan Solfatara, Fumarol, Sumur Lumpur, Mata Air Panas, dan Lembah Mati

Pada umumnya kawah aktif dan lapangan solfatara di Jawa terdapat pada elevasi di atas 2.000 mdpl, tetapi di G. Gede-Pangrango solfatara tidak terlalu banyak (Steenis dkk., 1972, 2006). Uraian berikut ini disusun berdasarkan data dan informasi dari Steenis (1935) dan (Steenis dkk., 1972, 2006). Dikemukakan bahwa substrat di lapangan solfatara berbatu-batu, berpori besar, steril, asam, terbuka, tanpa bahan organik, selalu mengeluarkan belerang, sulfur-dioksida (SO_2), hidrogen-sulfida (H_2S yang berbau seperti telur busuk), adakalanya khlorida (Cl_2), CO , dan NO_2 . Tumbuhan kadang-kadang toleran terhadap kondisi seperti itu dan spesies yang hidup di sekitar solfatara biasanya kerdil dan merunduk seperti terpangkas. Tumbuhan membentuk komunitas suksesi, yang suatu saat dapat menghilang karena dimusnahkan kembali oleh semburan gas baru. Sementara ini tidak ada spesies tumbuhan berbunga yang beradaptasi terhadap kondisi seperti itu dan menjadikan lingkungan kawah sebagai habitat normalnya. Spesies yang toleran juga tidak banyak, dan yang dapat tumbuh dekat kawah hanya kriptogam tertentu, ganggang hijau-biru yang dapat ditemukan di dalam air asam, serta perdu epifit, seperti *Ficus deltoidea*, *Gaultheria leucocarpa*, *Gaultheria nummmularioides*, *Gaultheria punctata*, *Lonicera javanica* *Rhododendron javanicum*, paku *Selliguea feei*, dan *Vaccinium varingiaefolium*. Pada batu-batu di dinding kawah hanya lumut *Rhacomitrium lanuginosum* yang tumbuh baik. Semakin dekat ke kawah, flora semakin miskin dan vegetasi semakin kerdil. *Dianella javanica*, *Gahnia javanica*, *Gaultheria*

punctata, *Myrica javanica*, *Paraserianthes lophantha*, *Rapanea avenis*, tidak dapat tumbuh dekat kawah.

Selanjutnya Steenis (1935) dan (Steenis dkk., 1972, 2006) mempertelakan bahwa lubang-lubang gas terbentuk di kawah-kawah gunung berapi, tetapi kemudian dapat menghilang. Pada lubang-lubang yang menghilang ini akan terjadi proses suksesi yang dimulai dengan invasi spesies pionir dan kemudian berkembang menjadi hutan subalpin yang didominasi *Vaccinium*. Efek senyawa belerang di lapangan solfatar tua dan sumur-sumur lumpur sudah melemah sehingga hutan subalpin dapat berkembang di sini meskipun tumbuhnya kerdil yang disebabkan oleh kondisi tanah yang miskin hara. Di sini dapat tumbuh *Gahnia javanica*, *Ficus deltoidea*, *Rapanea avenis* dan paku-pakuan *Gleichenia*, *Histiopteris incisa* dan *Blechnum capense* serta ganggang hijau biru. Mata air panas dapat ditemukan di sumur-sumur lumpur bekas semburan magma dan aliran lava, seperti di Kandang Badak. Sering kali air panas ini berkadar kalsium karbonat tinggi sehingga sering terbentuk endapan kapur di sekeliling mata air tersebut. Di area ini, terdapat pengaruh gas belerang terhadap tumbuhan kecil. Adakalanya air menjadi payau dan habitat seperti itu akan ditumbuhi halofit, misalnya *Bacopa monnieri*, *Pluchea indica*, dan *Enicostema axillare*, yang sebenarnya adalah tumbuhan khas pantai.

2. Komunitas Suksesi Subalpin pada Aliran Lava Tua dan Rombakan Lereng

Menurut Steenis dkk. (1972, 2006) komunitas suksesi berkembang pada rombakan lereng (*scree*). Rombakan lereng merupakan bahan yang dilontarkan oleh letusan gunung berapi dan terdiri atas lava yang memadat, abu, dan lapili (abu bercampur batu) yang tertimbun di puncak dan lereng kerucut. Rumput merupakan spesies pionir yang membentuk komunitas suksesi padang rumput. Dalam komunitas ini selain spesies rumput dapat juga tumbuh spesies lain, termasuk *Anaphalis javanica*, *Carex bacans*, *Myrica javanica*, *Persicaria chinensis*, dan juga paku *Histiopteris*. Di G. Pangrango, yang sudah mati beribu tahun yang lampau, pada rombakan lereng yang membentang antara elevasi 2.300–3.000 mdpl, proses suksesi berakhir

dengan hutan klimaks. Di hutan klimaks, longsor pada lereng dapat terjadi dan membentuk substrat baru, yang kemudian diinvasi spesies pionir. Komunitas pionir yang terbentuk didominasi *Gleichenia* (paku andam) dan terdapat di sekitar puncak, yang tampak dari jauh berwarna hijau lebih muda dari komunitas sekelilingnya. Mengenai suksesi di zona subalpin dapat dilihat pada Bab VII.C.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB VII

DINAMIKA VEGETASI

Uraian tentang dinamika vegetasi, khususnya dinamika hutan, disusun berdasarkan informasi dari berbagai sumber, termasuk Abdulhadi dkk. (1998, 2000), Docters van Leeuwen (1933), Kartawinata (2006), Muttaqien dan Zuhri (2011), Rahman dkk. (2011), Steenis dkk. (1972, 2006), Whitmore (1986), Yamada (1977), Zuhri dan Muttaqien (2011), dan berbagai catatan pribadi.

A. Perubahan sebagai Sifat Vegetasi

Dinamika vegetasi adalah perubahan vegetasi menurut waktu dan merupakan suatu proses yang universal. Perubahan ini dapat dilihat setiap saat di mana saja, mulai dari pertumbuhan gulma di kebun dan halaman hingga invasi spesies-spesies perdu dan pohon yang tumbuh segera setelah sebidang hutan ditebang habis. Perubahan mungkin saja tidak dapat dilihat dengan mudah karena prosesnya berjalan lambat dan merupakan perubahan internal vegetasi.

Banyak peristilahan yang membingungkan dipakai untuk menyatakan perubahan vegetasi, tetapi dua istilah dan pengertian berikut dapat dibedakan (Miles, 1979):

- 1) Fluktuasi menyatakan perubahan vegetasi yang tidak mengubah penampilan secara keseluruhan. Fluktuasi dalam vegetasi diakibatkan oleh perbedaan dalam daur pertumbuhan musiman dari spesies yang menyusunnya dan oleh pengaturan kembali pola internal mengikuti proses normal kelahiran dan kematian. Variasi tahunan dari iklim atau faktor lingkungan lain memengaruhi proses ini dan dapat mengakibatkan perbedaan proporsi spesies yang ada tanpa mengubah komposisi spesies utama. Fluktuasi dapat dikatakan sebagai perubahan jangka pendek yang dapat pulih kembali, juga termasuk variasi dari tahun ke tahun di sekitar nilai rata-rata.
- 2) Suksesi merupakan proses perubahan yang secara nyata mengubah penampilan vegetasi sehingga vegetasi dapat dikatakan telah berubah menjadi tipe vegetasi berbeda. Perubahan suksesi dapat dikatakan sebagai bentuk ekstrem fluktuasi yang mempunyai arah sehingga terjadi perubahan nyata dalam struktur dan komposisi spesies utama menjauh dari variasi nilai rata-rata dan biasanya melibatkan introduksi spesies-spesies baru (yang sebelumnya tidak terdapat dalam vegetasi asal). Suksesi dapat terjadi dalam segala skala waktu dari jangka waktu bulanan sampai ratusan bahkan ribuan tahun mengikuti perubahan iklim, geologi, dan evolusi.

Pembedaan tersebut menunjukkan situasi pada umumnya dan sifatnya sewenang-wenang (*arbitrary*) karena garis pemisah kadang-kadang sukar ditarik akibat fluktuasi dan suksesi bertumpang tindih dan menerus. Akan terlihat dalam uraian tentang rumpang bahwa perubahan yang terjadi adalah fluktuasi bila ukuran rumpang kecil dan menjadi suksesi bila ukuran rumpang besar.

B. Rumpang

Rumpang adalah celah dalam kanopi vegetasi dan merupakan karakter semua vegetasi, terutama hutan. Rumpang terbentuk oleh kematian pohon, baik secara sendiri-sendiri maupun bersama-sama, yang diakibatkan oleh gejala alam atau buatan. Rumpang berpengaruh

penting terhadap pertumbuhan dan keberlanjutan jenis-jenis tumbuhan hutan tropik (Denslow, 1987), dan pembentukan rumpang merupakan proses integral dalam dinamika vegetasi. Pembentukan rumpang dan efeknya pada vegetasi di pegunungan, khususnya di kawasan Cagar Biosfer Cibodas menarik untuk ditelaah.

1. Pembentukan dan Ukuran Rumpang

Rumpang terdapat dalam semua vegetasi tetapi yang paling banyak ditelaah adalah rumpang dalam hutan. Kematian pohon baik secara sendiri-sendiri atau bersama-sama menyebabkan terbentuknya rumpang dalam kanopi. Denslow (1987) menyatakan bahwa rumpang mempunyai pengaruh penting terhadap pertumbuhan dan sintasan (*survival*) spesies-spesies tumbuhan hutan tropik dan bahkan kemungkinan sebatang pohon dapat mencapai tingkat kanopi atas. Pengisian rumpang ditentukan oleh kehadiran, kelimpahan relatif, dan sebaran semai, serta belta pada waktu dan tempat terbentuknya rumpang tersebut. Dalam rumpang ini semai dan belta akan berkembang menjadi tumbuhan dewasa dan pada suatu saat mereka akan mati lagi. Interval waktu pembentukan rumpang di tempat yang sama berkisar dari 80–136 tahun (Whitmore, 1986). Dengan demikian, kanopi hutan berubah terus-menerus dan di dalamnya terjadi proses yang dinamik. Whitmore (1986) membagi daur pertumbuhan kanopi ini menjadi tiga fase, yaitu *fase rumpang* (*gap phase*), *fase membangun* (*building phase*), dan *fase dewasa* (*mature phase*). Dalam kanopi suatu hutan, tiga fase tersebut membentuk mosaik.

Fase-fase ini tidak dapat diperlakukan sebagai kesatuan secara terpisah, sebab fase rumpang berkembang menjadi fase membangun dan kemudian menjadi fase dewasa secara menerus sehingga fase-fase tersebut merupakan abstraksi praktis yang dapat dikenal di dalam hutan (Whitmore, 1986). Dalam peristilahan kehutanan, fase rumpang berisi semai, anakan, dan pancang (tinggi kurang dari 3 m dan diameter sampai 10 cm); fase membangun adalah hutan muda yang terdiri atas pohon pada tingkat tiang dengan diameter 10–30 cm; dan fase dewasa mengandung pohon-pohon masak tebang.

Daur ini dimulai dengan fase rumpang dan ukuran rumpang yang terbentuk dalam suatu hutan menentukan besarnya bercak hutan yang tumbuh kembali. Iklim mikro dalam rumpang ini berbeda dengan iklim mikro dalam kanopi yang tertutup dan semakin besar ukuran rumpang semakin besar perbedaan iklim mikronya. Ukuran rumpang mempunyai pengaruh penting terhadap komposisi dan susunan ruang spesies-spesies dalam hutan.

Rumpang terkecil dibentuk oleh tajuk pohon dan batang yang jatuh karena pohon tumbang, yang dapat disebabkan oleh umur pohon, serangan penyakit atau oleh terpaan angin kencang. Pohon besar dengan tajuk berdiameter sampai 20 m biasa terdapat di hutan hujan tropik dan bila tumbang menciptakan rumpang sebesar tajuk ditambah batang yang memanjang. Akar pohon juga terangkat ke atas bila pohon tumbang karena hujan angin atau angin kencang. Hal ini terjadi bila tanah basah sekali sehingga kehilangan daya kohesinya serta drainase jelek, seperti pada tanah ultisol dan tanah ber cadas di antara batuan endapan (Whitmore, 1986). Pohon tumbang tercerabut ini juga menciptakan rumpang yang lebih besar dan habitat baru, yang berupa timbunan tanah dan cekungan. Luas dan susunan fase rumpang bervariasi dan bergantung kepada faktor penyebab kematian pohon.

Steenis dkk. (1972, 2006) menyatakan bahwa di hutan pegunungan suksesi dapat terjadi di rumpang-rumpang kecil atau celah dalam hutan, yang terbentuk oleh sebuah pohon besar yang tumbang karena angin atau petir. Jika pohon tumbang karena angin atau petir, daerah sekitarnya banyak ditaburi biji-bijian pohon yang tumbang, sedangkan tanahnya masih sarat dengan rimpang dan pangkal batang serta bagian-bagian pohon yang tertinggal di dalam tanah yang masih tidak terganggu. Di hutan pegunungan G. Gede-Pangrango pada elevasi 1.450–1.520 mdpl, Srijanto (1987) mencatat bahwa angin badai pada tahun 1984 menyebabkan kerusakan hutan yang cukup parah. Dikemukakan bahwa rumpang yang terbentuk berkisar dari 20,80 m² sampai 1.740,80 m², dan secara keseluruhan mencapai luas 13.254,52 m² atau 28% dari kawasan yang ditelitinya. Pembentukan rumpang diakibatkan oleh (1) ranting dan cabang pohon besar patah, (2) po-

hon-pohon tunggal patah, tetapi batang pohon tetap berdiri tegak, (3) pohon-pohon tunggal tumbang dan sistem akarnya tercerabut, dan (4) banyak pohon patah dan tumbang. Dalam pembentukan rumpang oleh pohon-pohon tunggal terdapat korelasi nyata antara ukuran diameter pohon patah atau tumbang dengan ukuran luas rumpang. Di hutan pamah primer *Dipterocarpaceae* di Wanariset Samboja, Kalimantan Timur, luas rumpang mencapai 16,6% dari luas hutan yang ditelaah (10,5 ha) dan luas masing-masing rumpang berkisar dari sekitar 12 m² sampai sekitar 1.000 m² (Partomihardjo dkk., 1987).

Kramer (1926, 1933) membuat eksperimen tentang regenerasi dalam rumpang dari berbagai ukuran di hutan primer G. Gede dalam kaitannya dengan pencarian teknik yang baik untuk eksploitasi hutan alami. Ia menemukan bahwa rumpang kecil seluas 0,1 ha diisi segera oleh anakan spesies-spesies pohon hutan primer yang tumbuh baik dalam rumpang ini. Sebaliknya dalam rumpang seluas 0,2–0,3 ha, spesies-spesies pohon hutan primer tertekan oleh pertumbuhan lebat spesies-spesies pionir hutan sekunder. Namun, eksperimen ini tidak pernah diulang atau diperluas padahal artinya sangat penting untuk pengelolaan hutan secara lestari.

2. Lingkungan dalam Rumpang

Lingkungan di dalam rumpang berbeda dengan lingkungan di bawah kanopi utuh. Efek yang segera terlihat dan penting dari terbentuknya rumpang adalah peningkatan intensitas dan lamanya sinar matahari yang diterima oleh lapisan bawah hutan. Pada hari cerah, titik tengah rumpang besar menerima cahaya dengan intensitas tinggi dan untuk waktu yang lebih lama dibandingkan bagian tengah rumpang kecil atau lantai hutan di bawah tutupan kanopi penuh (Denslow 1987). Selanjutnya total cahaya yang diperlukan untuk fotosintesis di tengah rumpang merupakan fungsi dari ukuran, bentuk serta orientasi rumpang, topografi dan tinggi hutan di sekitarnya.

Denslow (1987) menyatakan bahwa iklim mikro dalam rumpang dan hutan sekunder mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- a) komposisi spektrum sinar matahari (terutama fraksi cahaya untuk fotosintesis) yang mencapai lantai hutan berubah dan meningkat besar sekali;
- b) nilai maksimum, rata-rata dan kisaran suhu udara dan tanah meningkat terutama pada hari cerah;
- c) kelembapan nisbi pada siang hari menurun dan defisit kejenuhan (*saturation deficit*) meningkat terutama pada hari cerah; dan
- d) kecepatan angin dan turbulensi meningkat.

Richards (1996) menegaskan bahwa iklim mikro sangat bervariasi menurut ukuran, lokasi dalam masing-masing rumpang, dan umur rumpang sesuai dengan pertumbuhan yang berjalan. Pada umumnya perbedaan meningkat dari lokasi di bawah naungan kanopi menuju ke tengah-tengah rumpang yang juga bervariasi menurut ukuran, umur rumpang, dan perbedaan ini semakin kecil sejalan dengan pertumbuhan vegetasi. Iklim mikro rumpang dan variasi vertikalnya berubah cepat sejalan dengan pertumbuhan kembali vegetasi. Rekolonisasi rumpang yang cepat oleh rumput, liana, dan pohon-pohon muda berarti bahwa pada umumnya fase tanah terbuka diganti dalam beberapa minggu saja oleh seperangkat iklim mikro di bawah naungan kanopi hutan. Dalam hal ini kanopi yang sedang berkembang merupakan permukaan radiasi dan lantai hutan secara progresif dihalangi dari radiasi matahari dan cahaya langsung.

Meskipun pengetahuan tentang iklim mikro ini sangat fundamental untuk perkecambahan biji, perkembangan semai, dan sifat-sifat regenerasi hutan, penelitian mengenai iklim mikro di daerah tropik masih sedikit. Kramer (1926, 1933) adalah seorang rimbawan dan pionir yang menelaah iklim mikro di hutan pegunungan. Ia membandingkan kelembapan dan suhu udara (Tabel 22) dalam rumpang buatan dan hutan dengan kanopi tertutup dalam petak eksperimen di hutan pegunungan antara Ciparay dan Cikahuripan di G. Gede-Pangrango pada elevasi 1.100–1.500 mdpl. Dalam tabel tersebut tampak bahwa terdapat perbedaan kelembapan dan suhu di dalam rumpang dan hutan tertutup, pada musim hujan dan kema-

rau. Mengenai suhu tanah tercatat rata-rata 17,9°C dalam rumpang dan 17,2°C dalam hutan dengan kanopi tertutup.

Tabel 22. Suhu udara rata-rata harian (°C) dan Kelembapan udara rata-rata harian (%) dalam rumpang dan di bawah kanopi tertutup dalam petak penelitian di hutan pegunungan dengan kanopi tertutup pada elevasi 1.100-1.500 mdpl antara Ciparay dan Cikahuripan di G. Gede-Pangrango

	Musim Hujan (Nov 1923)		Musim Kemarau (Juni-Juli 1923)	
	Rumpang	Tertutup	Rumpang	Tertutup
Suhu rata-rata harian (°C)	19,2	18,4	20,8	20,0
Kelembapan rata-rata harian (%)	94	93	74	88

Sumber: Kramer (1926)

Di hutan G. Gede-Pangrango, Srijanto (1987) mencatat bahwa pembentukan rumpang menurunkan rata-rata kelembapan udara nisbi dari 97–96% di bawah naungan tajuk hutan menjadi 96,65% di dalam rumpang berukuran 28,880 m² dan 95,49% dalam rumpang sebesar 625,60 m². Ia menunjukkan bahwa pembentukan rumpang meningkatkan rata-rata intensitas radiasi matahari dari 5–10 watt/m² di bawah naungan tajuk hutan menjadi 13,02 watt/m² dalam rumpang berukuran 20,8 m² dan 71,09 watt/m² dalam rumpang seluas 625,60 m², sedangkan di luar hutan intensitas rata-rata radiasi matahari adalah 75,53–99,72 watt/m². Sementara itu, suhu udara dan suhu tanah di dalam rumpang berukuran 625,60 m² dan rumpang dengan ukuran 28,80 m² lebih tinggi daripada di bawah naungan tajuk hutan, serta suhu hariannya berfluktuasi dengan perbedaan relatif kecil. Suhu rata-rata dalam rumpang 625,60 m² adalah 19,04°C di dalam rumpang 28,80 m² adalah 18,34°C, sedangkan di bawah naungan tajuk hutan adalah 18,20–18,70°C. Suhu tanah tercatat 18,23°C di dalam rumpang dengan ukuran 625,60 m², 18,00°C dalam rumpang berukuran 28,80 m² dan di bawah naungan kanopi hutan 17,67–17,86°C. Fluktuasi suhu tersebut diperkirakan dapat meningkatkan perkecambahan biji dan pertumbuhan semai di dalam rumpang serta merangsang perkecambahan biji di lantai hutan. Kejadian

tersebut merupakan akibat peristiwa pengaruh ganda dari suhu dan intensitas radiasi matahari (Bazzaz & Pickett, 1980).

Dapat disimpulkan bahwa dalam rumpang (Denslow, 1987): (1) jumlah dan lamanya penyinaran merupakan penentu penting untuk keberhasilan perkembangan spesies dalam rumpang dan spesies-spesies pohon dapat dideretkan dalam suatu kontinum menurut reaksinya terhadap ketersediaan dan lamanya radiasi matahari; (2) pertumbuhan dan reproduksi sebagian besar pohon-pohon hutan hujan tropik bergantung kepada rumpang dan meskipun pertumbuhan spesies-spesies toleran naungan terhambat oleh penyinaran penuh, tidak ada satu spesies pun yang tumbuh baik sekali dalam naungan kanopi hutan yang utuh; dan (3) ketersediaan hara dalam tanah dalam rumpang dan dalam hutan dengan kanopi utuh tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, dan tidak terdapat variasi penting dalam mikrohabitat yang diciptakan oleh rumpang.

3. Pola Pertumbuhan

Pada umumnya semai yang sudah mantap dan belta sering kali tumbuh sampai tua dalam rumpang kecil. Dalam rumpang besar terjadi perubahan drastis iklim mikro yang menyebabkan kematian banyak tumbuhan yang sebelumnya hidup di bawah naungan dan terjadi invasi oleh tumbuhan yang sebelumnya tidak terdapat di hutan yang tertutup (Whitmore, 1986). Bercak-bercak cahaya yang diciptakan oleh rumpang pada lantai hutan hanya sementara sifatnya. Dengan pertumbuhan perdu-perdu yang hidup terus dan perkembangan belta, ketersediaan cahaya segera berkurang sampai ke tingkat yang tidak cukup untuk perkecambahan biji-biji yang memerlukan banyak cahaya. Cahaya dan kelembapan udara di lantai hutan dapat kembali seperti sebelum terbentuk rumpang dalam waktu dua tahun (Fetcher dkk., 1985 dikutip Denslow, 1987). Laju pertumbuhan lebih cepat dan mortalitas lebih rendah bagi tumbuhan yang telah tumbuh sebelum atau berkembang segera setelah pohon tumbang sehingga dengan demikian semai dan bibit-bibit yang hadir merupakan mayoritas belta-belta yang hidup melampaui lebih dari beberapa tahun pertama (Denslow, 1987).

Pembukaan kanopi merangsang perkecambahan biji-biji yang ada dalam tanah hutan dan pertumbuhan semai-semai yang sudah ada di lantai hutan. Tetapi, waktu perkembangan dan sumber mortalitas bervariasi menurut spesies yang toleransinya berbeda terhadap cahaya. Sementara itu, berbagai penelitian (Denslow, 1987) menunjukkan bahwa (i) spesies-spesies toleran naungan berbiji besar, yang mempunyai dormansi pendek, berkecambah dalam waktu kurang dari empat bulan setelah pemencaran bila hujan, bukan karena dirangsang bukaan kanopi; (ii) karena ada di atas tanah biji juga rentan terhadap desikasi dan pemangsaan herbivor, tetapi menghasilkan semai lebih besar yang tahan terhadap naungan; dan (iii) semai tersebar merata dalam rumpang berbagai ukuran karena mereka sudah ada sebelum rumpang terbentuk sebagai anakan yang 'tertekan' ketika pohon tumbang. Selanjutnya ukuran rumpang dan ketersediaan cahaya bukan saja memengaruhi perkembangan semai, tetapi juga sintasan dan pertumbuhan belta. Kerapatan belta akan berkurang dengan lajunya penutupan rumpang dan belta yang hidup akan tumbuh terus bersaing mencari ruang dan sumber daya.

Pohon-pohon hutan hujan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok yang meregenerasi setempat (*in situ*) di bawah naungan kanopi atau kelompok 'penuntut naungan' (*shade-bearer* atau *shade-tolerant*), dan kelompok 'penuntut cahaya' (*light-demanding*) yang beregenerasi dalam rumpang (Whitmore, 1986). Spesies-spesies penuntut cahaya biasanya mempunyai biji lebih kecil daripada spesies-spesies penuntut naungan (Foster, 1980; Ng, 1978). Biji-biji kecil ini mampu mempertahankan dormansi untuk waktu lama dalam tanah hutan di bawah kanopi penuh, tetapi mereka akan dirangsang untuk berkecambah oleh cahaya matahari langsung (Denslow, 1987; Hall & Swaine, 1980; Whitmore, 1983, 1986). Oleh karena itu, dalam hutan akan terlihat bahwa spesies-spesies penuntut cahaya tumbuh terkonsentrasi di rumpang-rumpang (Riswan, 1982; Riswan & Kartawinata, 1988b, 1991). Kontras antara dua ekstrem penuntut cahaya di satu pihak dan penuntut naungan di pihak lain merupakan strategi ekologi spesies-spesies pohon dalam kaitannya untuk kelangsungan hidup spesies, tetapi tidaklah berarti semua spesies dapat dengan sendirinya di tempatkan secara jelas di dua

kelompok ini, melainkan spesies-spesies dapat diderakkan dalam suatu spektrum atau kontinum reaksi terhadap cahaya di antara dua ekstrem tersebut (Denslow, 1987; Whitmore, 1986). Berdasarkan fenomena tersebut dan penelitian di Solomon, Whitmore (1986) mengelompokkan spesies-spesies dalam hutan menjadi empat kelompok, yaitu:

- a) spesies yang semainya berkembang dan tumbuh di bawah naungan hutan utuh,
- b) spesies yang semainya berkembang dan tumbuh di bawah naungan hutan utuh, tetapi memperoleh beberapa keuntungan dari kehadiran rumpang,
- c) spesies yang berkembang terutama di dalam hutan utuh, tetapi pasti memerlukan rumpang untuk dapat tumbuh lebih lanjut, dan
- d) spesies pionir yang berkembang terutama atau sepenuhnya di dalam rumpang.

Spesies penuntut cahaya tidak dapat beregenerasi dan tumbuh di bawah naungannya sendiri. Steenis (1958) menamakan kelompok spesies ini pengembara hayati (*biological nomads*) karena bila dilihat dari perspektif vegetasi dalam lanskap dan dalam kurun waktu panjang, kelompok spesies ini tidak pernah menetap, tetapi berpindah-pindah seperti pengembara mengikuti rumpang yang terbentuk oleh pohon tumbang atau tanah longsor dan hidup di suatu tempat hanya satu generasi saja. Oleh karena itu, kelompok spesies ini juga disebut spesies pionir (*pioneer species*) atau spesies seral (*seral species*) atau “spesies suksesi” atau spesies hutan sekunder (*secondary forest species*) (Whitmore, 1986). Kehidupan marginal mereka adalah *menahun* (*perennial*) karena alam selalu menyediakan relung terbuka kecil, tetapi kedudukan mereka kebanyakan sementara saja. Steenis (1941) mengemukakan bahwa tentu saja spesies ini sudah menyesuaikan diri dengan cara hidup seperti itu, memiliki berbagai perangkat pionir untuk mampu bertahan hidup secara nomadik. Perkecambahan hampir semua spesies pengembara (*nomadic species*) ini tidak toleran terhadap naungan dan mereka

tumbuh cepat, menghasilkan bunga dan biji pada umur muda, dan terus berproduksi sepanjang tahun.

Biji-bijinya sangat sesuai untuk disebarluaskan setempat oleh angin dan burung, atau tetap bertahan hidup untuk jangka waktu panjang, serta untuk berkecambah cepat dan melimpah. Kerap kali juga tumbuhan ini mampu beregenerasi dengan tunas (*sucker*). Spesies ini agak kurang terpengaruh oleh iklim dan tanah. Walaupun perkasa, tumbuhan pionir mempunyai kelemahan pula, yaitu perkecambahan bijinya membutuhkan cahaya melimpah dan tempat terbuka serta jangka hidupnya pendek. Hampir semua spesies pengembara atau pionir berumur pendek, tetapi beberapa di antaranya ada yang berumur panjang, termasuk *Adinandra* sp., *Astronia spectabilis*, *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, *Casuarina* spp., *Engelhardia spicata*, *Fagraea fragrans*, *Harmsioplanax aculeatus*, *Leptospermum polygalifolium*, *Schima wallichii*, *Trema orientalis*, *Vernonia arborea*, *Weinmannia blumei*, dsb. (Steenism, 1958; Steenis dkk., 1972, 2006; Whitmore, 1986). Spesies ini dapat tumbuh lama dan ikut serta membentuk kanopi hutan, tetapi spesies ini tidak mampu menurunkan keturunan bila rumpang atau tempat terbuka lain tidak tersedia. Kehadiran spesies ini dapat digunakan untuk membedakan hutan primer sejati dari hutan sekunder tua atau hutan dewasa yang mendekati kondisi seperti primer. Dengan kata lain masa lalu hutan dapat dibaca dari autekologi spesies pengembaranya.

Spesies pionir ini mempunyai karakteristik sebagai berikut: (1) tinggi dan diameter batang tumbuh cepat; sebagai spesies pionir laju cepat pertumbuhan tinggi batang merupakan strategi untuk mengungguli spesies-spesies lain dalam rumpang dengan memberikan naungan dan secara fisik mengisi dan menguasai ruang selama hidupnya; (2) berat spesies kayu rendah sesuai dengan pertumbuhannya yang cepat; (3) berbunga dan berbuah banyak, sering bahkan terus-menerus sepanjang tahun; (4) tumbuhan cepat menjadi fertil pada umur muda; (5) pemencaran biji sangat efisien; (6) umumnya berdaun besar (*megafil* dan *makrofil*); (6) biji kecil dan mempunyai dormasi lama; (7) pertumbuhan dan reproduksi bergantung kepada rumpang (Whitmore, 1986).



Banyak sekali spesies-spesies dari suku *Euphorbiaceae*, *Malvaceae*, *Moraceae*, *Sterculiaceae*, *Tiliaceae*, *Ulmaceae*, dan *Urticaceae* adalah spesies pionir. Steenis (1958) memperkirakan 20% dari flora Malesia mempunyai sifat-sifat pionir, termasuk spesies-spesies terna dalam fase awal suksesi, terutama yang berumur pendek, yang sebagian besar termasuk ke dalam suku *Amaranthaceae*, *Asteraceae*, *Labiatae*, *Poaceae*, dan *Verbenaceae* (lihat Tabel 24). *Macaranga* merupakan contoh baik dari marga pionir, yang terdiri atas 280 spesies, yang terdapat di Asia Tenggara (Whitmore, 1967). Spesies marga ini sering pula dapat dijumpai di sepanjang jalan pembalakan di Sumatra dan Kalimantan. *Homalanthus*, *Mallotus*, dan *Trichospermum* juga merupakan marga pionir (Kostermans, 1972 dalam Whitmore, 1986; Whitmore, 1973).

Ada bukti bahwa di dalam tanah hutan tropik terdapat bank biji (Riswan, 1982; Riswan & Kartawinata, 1988, 1989). Sebagian besar spesies-spesies pionir ini tumbuh dari sumber tersebut selain dari hujan biji (*seed rain*). Di Kalimantan dan Sumatra, spesies-spesies sekunder tumbuh segera setelah pembalakan, tetapi tidak tampak apabila tanahnya rusak berat (Abdulhadi dkk., 1981, 1987; Priatna dkk., 2006).

Spesies-spesies pionir yang mengisi suatu rumpang mungkin berbeda dengan yang mengisi rumpang di sebelahnya, yang terbentuk baik pada waktu yang berbeda maupun pada waktu yang sama. Gejala ini menunjukkan bahwa komposisi bank bijinya berbeda dan menurut Whitmore (1986) dapat juga karena prinsip siapa datang lebih dahulu itu yang dapat (*first come first serve*).

Sementara itu, spesies penuntut naungan pada umumnya mempunyai karakteristik berikut (Whitmore, 1986):

- a) biji dapat berkecambah dan berkembang di bawah naungan kanopi utuh dan banyak di antaranya mempunyai cadangan makanan yang dipakai untuk perkembangan semai,
- b) semai pada umumnya dapat bertahan selama bertahun-tahun dan membentuk bank,
- c) pertumbuhan tinggi dan diameter lambat, dan
- d) kayu padat, berat, dan berwarna tua.

Di antara spesies penuntut naungan sebagian bijinya *rekalcitrant* (*recalcitrant*) yang berkecambah cepat dan menyimpan semainya dalam bank semai, tetapi ada juga sebagian lagi yang bijinya mempunyai dormansi dan membentuk bank biji.

Dalam petak eksperimen di hutan dengan kanopi tertutup di G. Gede-Pangrango pada elevasi 1.100–1.500 mdpl, Kramer (1926, 1933) mencatat bahwa dalam rumpang-rumpang kecil tidak melebihi 500 m², permudaan pohon berhasil baik dan dalam rumpang ini pohon paku *Cyathea contaminans* tumbuh tersebar tetapi di dekat sungai tumbuh mengelompok. Empat spesies *Strobilanthes* dapat ditemukan dan dua di antaranya *Strobilanthes cernuua* dan *Strobilanthes blumei* tumbuh sampai tinggi 4 m dalam rumpang yang lembap. Dari suku temu-temuan, *Zingiberaceae*, spesies yang terdapat dalam rumpang-rumpang yang lembap adalah *Etlingera coccinea* dan *Hedycium roxburghii*. Sementara itu dalam rumpang serupa dapat pula dijumpai pisang liar (*Musa acuminata*) dan pandan (*Pandanus furcatus*). Pada lapisan bawah yang menutup tanah dalam rumpang-rumpang lembap ini banyak ditemukan spesies dari suku *Gesneriaceae* (*Cyrtandra picta* dan *Cyrtandra populifolia*), *Urticaceae* (*Elatostemma paludosum* dan *Elatostemma strigosum*), *Araaceae* (*Schismatoglottis* sp.) (Lihat juga Tabel 24). Faktor yang penting untuk perkembangan tumbuhan tersebut adalah kelembapan udara, suhu udara, dan cahaya matahari.

Dari pengamatannya selama lima tahun eksperimen pembukaan kanopi, Kramer (1926, 1933) menyimpulkan bahwa rumpang kecil dengan luas kurang dari 0,1 ha diisi oleh spesies-spesies hutan primer yang tumbuh baik. Spesies apa yang selanjutnya berkembang baik bergantung kepada komposisi spesies. Spesies pohon yang beregenerasi baik dan tumbuh cepat antara lain adalah *Altingia excelsa*, *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, *Castanopsis tungurut*, *Dysoxylum densiflorum*, *Dysoxylum parasiticum*, *Gordonia excelsa*, *Lithocarpus* spp., *Magnolia sumatrana* var. *glauca*, *Neonauclea lanceolata*, *Nyssa javanica*, *Podocarpus neriifolius*, *Rhodamnia cinerea*, dan *Schima wallichii*. Sementara itu, dalam rumpang 0,2–0,3 ha, spesies-spesies pionir tumbuh subur dan menekan pertumbuhan spesies-spesies hutan primer.

Di G. Gede-Pangrango, Srijanto (1987) mencatat bahwa regenerasi pada spesies pohon dominan (*Schima wallichii*, *Castanopsis argentea*, *Lithocarpus pseudomoluccus*, dan *Oreonicde rubescens*) berkorelasi negatif dengan luas rumpang, yang berpengaruh terhadap kerapatan anak pohon tingkat semai dan pancang. Ini berarti bahwa semakin luas rumpang yang terbentuk kerapatan anak pohon spesies tersebut cenderung menurun. Dengan demikian, *Schima wallichii*, *Castanopsis argentea*, dan *Lithocarpus pseudomoluccus* merupakan spesies yang tidak toleran terhadap rumpang dan dapat tumbuh dan berkembang mencapai lapisan atas yang mencuat (*emergent*). Sementara itu, *Oreonicde rubescens* adalah spesies yang toleran dan dapat tumbuh dan berkembang di bawah naungan tajuk hutan sampai lapisan ketiga. Penemuan tentang *Schima wallichii* yang tidak toleran terhadap rumpang bertentangan dengan pendapat botaniwan umumnya (misalnya Steenis dkk., 1972, 1966; Whitmore, 1986) bahwa spesies ini adalah spesies sekunder yang untuk regenerasinya memerlukan cahaya penuh. Dalam hal ini diperlukan identifikasi yang lebih cermat mengingat bahwa *Schima wallichii* terdiri atas beberapa subspecies (Bloembergen, 1952) yang mempunyai habitat berbeda. Selanjutnya Srijanto (1987) mengemukakan bahwa pada semua spesies dominan yang diamati, dalam rumpang yang berukuran kecil (44,80–193,20 m²) kerapatan anakan pohon tingkat semai dan pancang lebih besar dibandingkan kerapatan di bawah naungan tajuk hutan. Disimpulkan bahwa pembentukan rumpang telah memengaruhi struktur hutan pada spesies pohon dominan yang diteliti tersebut di atas dengan kerapatan pohon tertinggi pada kelas diameter pohon kecil yang kemudian berkembang dengan kerapatan pohon yang rendah pada kelas ukuran diameter pohon besar. Pembentukan rumpang telah mendorong pertumbuhan individu-individu baru yang dicerminkan dengan tingginya populasi anakan pohon spesies dominan di dalam rumpang dan anakan pohon ini (diameter pohon < 10 cm) menunjukkan pengelompokan secara nyata.

Data pertumbuhan sebagian besar masih berupa data kualitatif dan data kuantitatif terutama untuk pertumbuhan sampai fase matang masih perlu diteliti lebih lanjut dan digalakkan untuk dapat dipakai secara praktis dalam pengelolaan hutan.

4. Perubahan Populasi Pohon

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, sebidang hutan merupakan suatu entitas yang dinamik. Dalam hutan ini terjadi proses-proses internal yang tidak mengarah ke suatu perubahan, struktur, dan komposisi spesies seperti pada suksesi. Setiap individu semua spesies yang ada di dalam hutan mengalami proses regenerasi dan kematian. Bila kondisi lingkungan berubah, termasuk yang disebabkan oleh tumbuhan itu sendiri, keseimbangan antara laju kelahiran dan kematian suatu spesies dapat berubah pula sehingga kelimpahan individu berbagai spesies berbeda akan berubah pula.

Perubahan setempat dalam jangka panjang tentang struktur dan komposisi hutan pegunungan G. Gede-Pangrango telah diteliti oleh Abdulhadi dkk. (1998) dalam petak permanen seluas 2 ha dalam kurun waktu 1975–1992. Dikemukakan bahwa perubahan dinamik selama kurun waktu 17 tahun itu jumlah pohon berkurang, tetapi kekayaan spesies cenderung meningkat, seperti ditampilkan pada Tabel 23.

Tabel 23. Perubahan Kekayaan Spesies Selama 17 Tahun di Hutan Pegunungan G. Gede-Pangrango

Kekayaan Spesies	1975	1992
Jumlah total pohon	918	889
Jumlah spesies	86	98
Jumlah marga	44	60
Jumlah suku	30	36
Indeks keanekaragaman Shannon	1,59	1,65

Sumber: Abdulhadi dkk. (1998)

Dari 918 pohon yang tercatat pada tahun 1975, 357 pohon tidak ditemukan lagi pada tahun 1992 sehingga mortalitasnya adalah 38,9% dengan laju 2,3% per tahun. Laju mortalitas tahunan sedikit lebih tinggi daripada di tempat lain, seperti yang dilaporkan Swaine dkk. (1987) yang rata-ratanya 1%–2%.

Sebanyak 28 spesies yang tercatat pada tahun 1975 mempunyai mortalitas nol, sementara 58 spesies mempunyai mortalitas

10%–100%. Kebanyakan dari spesies yang paling penting mempunyai mortalitas 10%–49%. Dari 9 spesies dengan mortalitas 100%, 5 spesies di antaranya beregenerasi dan spesies ini berupa pohon-pohon kecil, berumur pendek, dan mempunyai nilai frekuensi rendah, termasuk *Cyathea orientalis*, *Ficus grossularioides*, dan *Toddalia asiatica*. Selama periode 17 tahun, sebanyak 327 pohon baru yang termasuk dalam 55 spesies muncul dalam petak. Sebanyak 12 spesies dengan jumlah pohon 109 tidak terdaftar pada tahun 1975, dan sebagian besar pohon ini adalah spesies pionir dalam rumpang, yaitu *Homalanthus populneus*, *Macaranga rhizinoides*, dan *Macaranga tanarius*.

Perubahan populasi pohon selama 17 tahun menunjukkan bahwa 51% dari spesies hanya memperoleh kenaikan kerapatan satu pohon atau tidak ada sama sekali. Perubahan kerapatan yang signifikan sukar diuji karena sebagian besar spesies hanya mengandung beberapa pohon saja, tetapi populasi dari tujuh spesies (*Castanopsis javanica*, *Lithocarpus pseudomoluccus*, *Persea rimosa*, *Polyosma integrifolia*, *Saurauia pendula*, *Schima wallichii*, dan *Syzygium glabratum*) berkisar dari 10 sampai 43 pohon. Populasi spesies sekunder (*Homalanthus populneus*, *Macaranga rhizinoides*, dan *Macaranga tanarius*) meningkat dengan tajam. Spesies ini direkrut dari biji-biji dalam tanah di bawah kanopi sebelum terjadi badai angin tahun 1984. Perubahan populasi spesies-spesies ini tampaknya terkait dengan terjadinya gangguan alam, dan badai angin telah menyebabkan kerusakan parah dan pembentukan rumpang. Seperti telah dikemukakan dalam Subbab Rumpang, Srijanto (1987) mencatat bahwa rumpang yang terbentuk oleh badai angin dalam petak 4,76 ha, yang letaknya tidak jauh dari petak Abdulhadi dkk. (1998), ukurannya berkisar dari 20,8 sampai 1.740,8 m², dengan luas total 13.254,5 m² atau 27,85% luas petak. Sebanyak 27,2% pohon-pohon patah dan 8,7% tercabut dengan akarnya sehingga menciptakan lubang dan tumpukan tanah. Kematian pohon-pohon dalam petak 2 ha dan peningkatan jumlah pohon spesies sekunder secara tajam yang terjadi dalam rumpang disebabkan terutama oleh badai angin yang dahsyat.

C. Suksesi

Istilah suksesi diartikan sebagai proses dinamika pemulihan suatu vegetasi di sebarang tempat yang tidak tertutup vegetasi atau yang vegetasinya terganggu, baik oleh alam maupun oleh ulah manusia. Sebuah suksesi berakhir dengan sebuah komunitas terminal dengan spesiesnya yang dapat mempertahankan hidupnya secara berkelanjutan melalui proses reproduksi dan komunitas terminal tersebut dinamakan komunitas klimaks (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, 2016). Dalam konteks ini, vegetasi klimaks dapat diartikan sebagai vegetasi yang kurang-lebih stabil dan telah mencapai keseimbangan dengan faktor lingkungannya serta merupakan vegetasi fase terminal dalam suatu suksesi ekologi. Dalam vegetasi klimaks, setiap spesies penyusunnya beradaptasi terhadap lingkungan klimaks agar dapat melaksanakan daur hidup lengkapnya dan mampu melanjutkan hidupnya, selama faktor-faktor habitat tetap konstan. Karena itu dalam vegetasi klimaks ditemukan tumbuhan setiap spesies dalam berbagai tingkat umur, dari tingkat semai hingga tingkat dewasa. Dalam sebuah hutan klimaks, semua fase pertumbuhan suatu spesies pohon yang berupa semai, belta, dan pohon harus hadir.

Clements (1916) adalah orang pertama yang menyusun dan memperjelas secara ilmiah dan brilian konsep suksesi. Ia melihat suksesi sebagai suatu perubahan searah dari tipe-tipe vegetasi. Setiap urutan tipe vegetasi berkembang sendiri karena tipe sebelumnya telah memodifikasi situasinya sedemikian sehingga menguntungkan tipe penggantinya, dan urutan-urutan ini berakhir dengan tipe vegetasi klimaks, yang stabil dalam kondisi iklim yang memungkinkan pembaruan dan perawatan sendiri (Miles, 1979). Proses ini dianggap deterministik. Jika klimaks dirusak oleh suatu kejadian yang dahsyat, diperkirakan fase-fase sebelum klimaks terjadi akan diulang dan pada akhirnya klimaks yang sama akan terbentuk lagi asal iklim tidak berubah. Banyak yang menentang konsep ini, terutama mengenai fase-fase yang dikatakan sangat nyata, padahal sebenarnya fase-fase nyata tersebut tidak ada. Setiap “fase” harus ditentukan secara arbitrer (sebarangan) untuk memudahkan dan sebenarnya fase-fase tersebut merupakan akibat dari gradasi perubahan populasi. Benar

bahwa situs mengalami modifikasi selama suksesi dan perubahan-perubahan yang terjadi memfasilitasi pengembangan spesies-spesies yang kemudian mendominasi dalam suksesi.

Berbagai pakar (yang dikutip Miles, 1979) menekankan bahwa sebagian besar spesies, yang tumbuh pada waktu proses suksesi di tempat-tempat terbuka yang ditelantarkan (*abandoned field*) atau pada vegetasi terganggu, sebenarnya hadir sejak semula sebagai biji yang terkubur, akar-akar, dan rimpang. Dapat pula spesies tersebut menginvasi segera setelah perusakan atau gangguan terjadi. Perubahan-perubahan berikutnya dalam vegetasi disebabkan oleh laju pertumbuhan, reproduksi, dan kemampuan hidup yang berbeda dari spesies yang ada.

Spesies-spesies yang hilang dari vegetasi akan bertahan sebagai biji-biji yang hidup dan terkubur dalam tanah (*bank biji*) untuk jangka waktu yang berkisar dari puluhan sampai ratusan tahun. Bank biji ini menentukan flora permulaan dalam suksesi. Komposisi dua bidang vegetasi tidak pernah persis sama karena bank bijinya pun akan berbeda. Suksesi pada dua tipe vegetasi terganggu di lokasi yang sama sering kali berjalan tidak sama karena perbedaan-perbedaan tersebut di atas. Fakta juga menunjukkan bahwa suksesi pada tipe tanah yang berbeda menunjukkan karakteristik dan vegetasi klimaks yang berbeda pula (Miles 1979). Seiring dengan itu, bila kita berbicara tentang tipe vegetasi terminal, sebaiknya kita merujuk kepada vegetasi klimaks, bukan kepada vegetasi klimaks iklim (*climatic climax*), seperti dicanangkan oleh Clements. Vegetasi klimaks dapat berupa vegetasi klimaks tanah (*edaphic climax*) atau vegetasi klimaks api (*fire climax*) (Richards, 1952, 1996).

Urut-urutan suksesi (*seres*) yang menuju ke pembentukan hutan tropik klimaks dapat dibagi menjadi “suksesi primer” (*priseres*) dan “suksesi sekunder” (*subseres*) (Richards, 1996). Suksesi primer terjadi dan dimulai pada substrat baru yang sebelumnya tidak pernah ditumbuhi tumbuhan, misalnya pada substrat baru yang terbentuk dari bahan-bahan vulkanik yang dihasilkan letusan gunung, substrat yang terbentuk karena pengendapan lumpur dan/atau pasir di danau, muara sungai, dan pantai laut, atau tanah terbuka yang ditinggalkan

tanah longsor. Sukseksi sekunder dimulai pada tanah yang sebelumnya ditumbuhi vegetasi yang kemudian rusak karena penebangan, pembakaran, banjir, dan kegiatan manusia lain dan dapat pula terjadi pada vegetasi buatan (seperti kebun dan ladang) yang ditinggalkan dan kemudian berkembang secara alami menuju vegetasi klimaks.

Contoh yang klasik untuk suksesi primer adalah suksesi di Krakatau, yang telah banyak diteliti dan yang paling mutakhir adalah kelompok penelitian LIPI, Universitas Oxford, dan Universitas La Trobe (Partomihardjo dkk., 1992; Whittaker dkk., 1992; Thornton, 1996). Seperti halnya dalam suksesi di tempat lain, tiga faktor utama memengaruhi proses suksesi di Krakatau (Richards 1996), yaitu (1) ketersediaan benih dan bibit (biji, buah, dan spora), (2) kompetisi dan kooperasi antar tumbuhan, dan (3) perubahan dalam habitat sebagai akibat dari interaksi antara iklim dan vegetasi. Dapat disimpulkan bahwa laju pemulihan vegetasi terhambat oleh masalah pemencaran. Ketidakhadiran spesies tertentu di pulau-pulau Krakatau mungkin bukan saja disebabkan oleh ketidak-tersediaan habitat yang cocok, tetapi juga oleh ketidakmampuan spesies mencapai pulau-pulau ini. Sukseksi di Krakatau akan berakhir dengan vegetasi klimaks yang berbeda dari vegetasi sebelum letusan dan dari vegetasi di Jawa dan Sumatra.

Pola suksesi bervariasi berdasarkan tempat dan sepenuhnya acak serta bergantung kepada kesempatan dan kepada tumbuhan yang hadir setempat. Salah satu faktor yang perlu diperhitungkan adalah tumbuhan apa yang hadir lebih dulu dan terus muncul sepanjang proses suksesi, baik bagi spesies hutan sekunder maupun spesies pohon klimaks, seperti dikatakan Whitmore (1986) siapa yang datang terdahulu itu yang akan hadir. Perlu diketahui termasuk spesies apa saja pohon-pohon gulma berumur pendek dari kelompok pertumbuhan sekunder itu dan bagaimana mereka bertahan dalam kondisi hutan primer, serta dari mana mereka datang. Sebagian besar tumbuhan ini termasuk marga sekelompok suku tumbuhan yang agak terbatas, di antaranya *Urticaceae*, *Moraceae*, *Ulmaceae*, *Euphorbiaceae*, *Gramineae*, dan *Verbenaceae* serta terdapat pula sejumlah spesies pendatang, tetapi hampir semua tumbuhan hutan sekunder di Jawa adalah spesies asli.



Steenis (1958) berpendapat bahwa suksesi dapat mencerminkan regenerasi alami hutan primer dalam kondisi tidak terganggu. Ia mengamati suksesi pada semak rimbun *Eupatorium* di kebun kina yang diterlantarkan dan terletak berdampingan dengan hutan pegunungan. Di sekitar semak itu tidak terdapat spesies hutan sekunder, kecuali sebatang pohon *Schima wallichii*. Pohon ini berbuah dan memencarkan biji banyak. Biji-biji tersebut berkecambah dan berkembang menjadi anakan pohon yang tumbuh dalam semak *Eupatorium* yang rimbun. Anakan pohon *Schima* tersebut berbatang kecil dan tumbuh rapat dan kemudian membentuk hutan tiang di atas semak *Eupatorium*. Suksesi sekunder ini berlangsung melewati jalan pintas yang tidak melalui tahap-tahap suksesi sekunder normal. Suksesi seperti ini dapat dimanfaatkan untuk mempercepat restorasi hutan klimaks atau untuk mengubah hutan sekunder muda menjadi hutan tanaman.

Kisah serupa dapat diamati pula pada dua tumbuhan asing yang telah beradaptasi, saliera (*Lantana camara*) dan ki rinyuh (*Eupatorium inulifolium*). Tumbuhan asing tersebut akan menginvasi dan berkembang di ladang, kebun, padang rumput, dan lahan lain yang ditelantarkan. Di belukar *Lantana camara* dan *Eupatorium inulifolium* ki rinyuh yang berdekatan dengan hutan primer atau sekunder, di bawah naungan dua buah spesies tersebut semai pohon gulma dan semai pohon hutan primer dapat tumbuh. Dua spesies pionir lain yang diintroduksi dari Amerika tropik adalah *Eupatorium adenophorum* dan *Chromolaena odorata*, yang dapat membentuk pertumbuhan sekunder di seluruh Jawa dan Sumatra. *Eupatorium adenophorum* sangat mudah membiak dan *Chromolaena odorata*, yang lebih besar tidak saja tumbuh cepat tetapi juga dapat mencekik tumbuhan lain. Tumbuhan merambat, seperti *Mikania* (*Asteraceae*), *Passiflora foetida* (*Passifloraceae*), dan beberapa spesies *Convolvulaceae* dan *Cucurbitaceae* dapat tumbuh dan merambat ke mana-mana, tetapi tidak mencekik tumbuhan atau pohon lain. Di daerah rendah, spesies ini sering mencekik dan membentuk lapisan tebal yang disebut vegetasi bergayut atau selimut botani (Steenis dkk., 1972, 2006). Di bekas hutan yang ditebang habis untuk berbagai tujuan, seperti kebun, terdapat juga tumbuhan geofit hutan dengan rimpangnya

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang tertinggal dalam tanah. Geofit yang mudah dikenal adalah spesies dari suku Zingiberaceae asli (seperti *Etilingera coccinea* dan *Zingiber inflexum*), yang akan tumbuh dan berkembang kembali melalui pertumbuhan rimpangnya dalam tanah.

Gambar 52 melukiskan perubahan suksesi sekunder secara skematik (Kartawinata, 2006) Skema ini berlaku baik bagi hutan pamah maupun hutan pegunungan. Proses suksesi ini dapat dimodifikasi melalui intervensi untuk pengembangan selanjutnya sesuai dengan tujuan akhir yang diinginkan dengan cara Regenerasi Alam Dipercepat (RAD) dan Konversi (K). Kebakaran Berulang (KB) sering terjadi di belukar dan padang alang-alang yang berakhir dengan klimaks api, yang juga dapat dikembangkan menjadi vegetasi yang produktif dan lebih bermanfaat.

Sampai saat ini belum banyak penelitian suksesi secara eksperimental yang dilakukan di G. Gede-Pangrango. Dua karya yang sangat penting mengenai ini adalah penelitian Kramer (1926, 1933) tentang regenerasi hutan setelah pembukaan kanopi dengan berbagai ukuran dan penelitian Srijanto (1987) tentang regenerasi hutan dalam rumpang yang terbentuk karena angin ribut dan hujan badai pada tahun 1984 telah dikemukakan dalam bab rumpang. Penelitian jangka panjang dinamika komunitas hutan termasuk suksesi telah dimulai lagi oleh Muttaqien dan Zuhri (2011) dengan mendirikan petak-petak permanen sebanyak 284 unit masing-masing seluas 10 m x 10 m di empat lokasi, yaitu Wornojiwo, Kompos, Jalan Akar, dan hutan Lumut, dalam hutan pegunungan tersisa (*montane forest remnants*) di area Kebun Raya Cibodas. Pengamatan awal berupa pencacahan pohon pada tahun 2007–2009. Selain itu, Zuhri dan Mutaqien (2013) juga menganalisis ulang komposisi spesies tumbuhan dalam petak Meijer. Selebihnya informasi tentang suksesi di sini adalah berbagai catatan kualitatif yang dibuat oleh para pakar botani, seperti Docters van Leuwen (1933) dan Steenis dkk. (1972, 2006), yang banyak dimanfaatkan dalam menyusun uraian tentang suksesi di zona pegunungan dan zona subalpin.

Regenerasi Alam Dipercepat (RAD) dan Konversi (K). Kebakaran Berulang (KB) sering terjadi di belukar dan padang alang-alang yang berakhir dengan klimaks api, yang juga dapat dikembangkan menjadi vegetasi yang produktif dan lebih bermanfaat. Restorasi melalui proses suksesi alami dibahas lebih lanjut pada Bab VII.C.3. Restorasi dan rehabilitasi ekosistem melalui suksesi alami.

Tabel 24. Spesies sekunder, termasuk spesies pionir, gulma, spesies dalam rumpang, dan spesies vegetasi primer yang berperilaku seperti spesies sekunder, dengan kisaran elevasi sebarannya.

ACANTHACEAE: *Difflugosa filiformis*, 1.000–2.200 mdpl, sekunder; *Peristrophe hyssopifolia*, 90–1.700 mdpl, sekunder; *Rostellularia sundana*, 1.400 mdpl, pionir; *Strobilanthes blumei*, 1.000–1.200 mdpl, sekunder; *Strobilanthes cernua*, 1.400–1.500 mdpl, sekunder.

ANNONACEAE: *Fissistigma latifolium*, 800 mdpl, sekunder; *Goniothalamus macrophyllus*, 800 mdpl, sekunder; *Mitrephora obtusa*, 800 mdpl, sekunder.

APIACEAE: *Centella asiatica*, 1–2.500 mdpl, gulma; *Eryngium foetidum*, 1–1.500 m, gulma; *Hydrocotyle sibthorpioides.*, 5–2.400 m, gulma, padang rumput; *Sanicula elata*, 600–3.000 mdpl, gulma.

ARACEAE: *Alocasia longiloba*, 800 mdpl, sekunder; *Alocasia macrorrhizos*, 5–1.500 mdpl, sekunder; *Amydrium medium*, 800 mdpl, sekunder; *Arisaema filiforme*, 900–2.200 mdpl, sekunder; *Rhaphidophora pinnata*, 20–1.700 mdpl, sekunder; *Rhaphidophora sylvestris*, 900–1.800 dpl, sekunder; *Scindapsus hederaceus*, 50–1.400 dpl, sekunder; *Schismatoglottis calyptrata*, 50–1.600 mdpl, sekunder.

ARALIACEAE: *Aralia dasyphylla*, 300–2.000 mdpl, sekunder; *Arthrophyllum javanicum*, 900 mdpl, sekunder.

ASCLEPIADACEAE: *Hybanthera villosa*, 5–2.000 mdpl, sekunder.

ASTERACEAE : *Acmella paniculata*, 0–1.400 m, gulma; *Adenostemma lavenia*, 0–2.100 m, gulma; *Ageratina riparia*, 1.400–2.500 mdpl, gulma; *Ageratum conyzoides*, 0–2.100 m, gulma; *Ageratum houstonianum*, 200–1.600 mdpl, gulma; *Anaphalis javanica*, 2.000–3.400 mdpl, pionir, sekunder; *Anaphalis maxima*, 2.000–2.800 mdpl, sekunder; *Artemisia vulgaris*, 300–3.000 mdpl, gulma; *Axonopus compressus*, 0–1.400 dpl, pionir, gulma; *Bartlettina sordida*, 1.400–1.700 mdpl, gulma; *Bidens pilosa*, 250–2.500 mdpl, gulma; *Blumea balsamifera*, 0–2.200 mdpl, gulma, *Blumea lacera*, 0–1.500 mdpl, gulma; *Blumea riparia*, 0–2.000 mdpl, gulma; *Chromolaena odorata*, 800 m, sekunder; *Clibadium surinamense*, 800 mdpl, sekunder; *Cosmos caudatus*, 10–1.500 mdpl, gulma; *Cyanthillium cinereum*, 0–1400 mdpl, gulma; *Dichrocephala bicolor*, 500–2.500 mdpl, gulma, pionir; *Dichrocephala chrysanthemifolia*, 1.600–3.000 mdpl, gulma; *Emilia sonchifolia*, 1–3.050 mdpl; gulma; *Erechtites valerianifolia*, 20–2.000 mdpl, sekunder, pionir; *Erigeron sumatrensis*, 5–2.600 mdpl, gulma; *Eupatorium adenophorum*, 1.400–1.500 mdpl, pionir; *Eupatorium inulifolium*, 200–1.800 mdpl, gulma; *Galinsoga parviflora*, 500–2.500 mdpl, gulma; *Gnaphalium purpureum*, 1.000–2.000 mdpl, gulma; *Gynura aurantiaca*, 700–2.500 mdpl, gulma; *Gynura procumbens*, 0–1.800 mdpl, sekunder; *Lactuca rostrate*, 1.600–2.700 mdpl, sekunder; *Laphangium luteoalbum*, 1.700–3.000 mdpl, gulma, sekunder; *Myriactis javanica*, 1.500–3.000 mdpl, sekunder; *Sigesbeckia orientalis*, 5–2.100 mdpl, gulma; *Sonchus arvensis*, 50–2.400 m, gulma; *Sonchus malayanus*, 1.100–3.250 mdpl, gulma; *Sonchus oleraceus*, 200–2.700 mdpl, gulma; *Spilanthes iabadicensis*, 0–1.000 mdpl, gulma; *Taraxacum campylodes*, 1.200–1.500 mdpl, gulma; *Tithonia rotundifolia*, 1.400 mdpl, gulma; *Vernonia arborea*, 5–3.000 mdpl, sekunder; *Vernonia cymosa*, 500–2.700 m, gulma; *Wollastonia biflora*, 0–1.400 mdpl, gulma; *Wedelia urticaefolia*, 0–2.500 mdpl, gulma; *Youngia japonica*, 200–2.300 mdpl, gulma.

BERBERIDACEAE: *Berberis nepaulensis*, 1700–1800 mdpl, sekunder, gulma, hutan terbuka.

BORAGINACEAE: *Bothriospermum tenellum*, 1.400 mdpl, gulma; *Cordia dichotoma*, 1–1.500 mdpl, sekunder; *Cynoglossum javanicum*, 1.100–2.900 mdpl, sekunder, gulma, padang rumput.

BURSERACEAE: *Canarium littorale*, 800 mdpl, sekunder.

CAESALPINIACEAE: *Caesalpinia sappan*, 800 mdpl, sekunder; *Senna floribunda*, 500–2.500 mdpl, sekunder.

CAMPANULACEAE: *Codonopsis javanica*, 1.300–3.300 mdpl, sekunder, padang rumput; *Wahlenbergia marginata*, 800–2.200 m, sekunder.

CAPRIFOLIACEAE: *Lonicera acuminata*, 1.800–3.000 mdpl, sekunder; *Lonicera javanica*, 100–2.800 mdpl, sekunder; *Sambucus javanica*, 1.400–2.800 mdpl, sekunder; *Viburnum cylindricum*, 2.000–2.700 mdpl, sekunder; *Viburnum lutescens*, 1.400–1.700 mdpl, sekunder.

COMMELINACEAE: *Commelina diffusa*, 1–2.000 mdpl, gulma; *Commelina paludosa*, 125–2.500 m, gulma; *Murdannia nudiflora*, 1–1.600 mdpl, gulma; *Pollia hasskarlii*, 800–1.700 mdpl, sekunder; *Pollia thyrsoiflora*, 50–1.200 mdpl, gulma.

CONVOLVULACEAE: *Lepistemon binectariferus*, 1400 m, sekunder; *Merremia vitifolia*, 1400 mdpl, sekunder.

CUNONIACEAE: *Weinmannia blumei*, 800–2.400 mdpl, pionir.

CYATHEACEAE: *Cyathea contaminans*, 200–1.600 m, sekunder.

CYPERACEAE: *Carex baccans*, 800–3.300 mdpl, pionir; *Carex cryptostachys*, 500–1.250 mdpl, pionir; *Scleria terrestris*, sekunder, 800 mdpl, sekunder.

DIOSCOREACEAE: *Dioscorea nummularia*, 1–2.000 mdpl, sekunder.

ELAEAGNACEAE: *Elaeagnus triflora*, 0–1.400 mdpl, sekunder.

ERICACEAE: *Diploclisia glaucescens*, 800 mdpl, sekunder; *Gaultheria nummularioides*, 2.500–3.300 mdpl, pionir. *Rhododendron citrinum*, 2.500–3.300 mdpl, pionir; *Rhododendron javanicum*, 300–1.500 mdpl, sekunder, pionir; *Rhododendron retusum*, 1.350–3.300 mdpl, sekunder, pionir; *Vaccinium korthalsii*, 600–1.500 mdpl, pionir; *Vaccinium laurifolium*, 1.400–3.060 mdpl, pionir; *Vaccinium lucidum*, 600–2.400 mdpl, pionir; *Vaccinium varingiaefolium*, 1.500–3.000 mdpl, pionir.

EUPHORBIACEAE: *Antidesma tetrandrum*, 100–2.400 mdpl, sekunder; *Antidesma tomentosum*, 800 mdpl, sekunder; *Blumeodendron tokbrai*, 800 mdpl, sekunder; *Breynia microphylla*, 2.500 mdpl, sekunder; *Bridelia glauca*, 800 mdpl, sekunder; *Croton argyratus*, 800 mdpl, sekunder; *Euphorbia hirta*, 1–1.400 mdpl, gulma; *Euphorbia prostrata*, 1–1.450 mdpl, gulma; *Euphorbia thymifolia*, 1–1.450 mdpl, gulma; *Glochidion rubrum*, 50–2.400 mdpl, sekunder; *Macaranga glaberrima*, 800 mdpl, sekunder; *Macaranga rhizinoides*, 700–2.400 m, sekunder; *Macaranga semiglobosa*, 800 mdpl, sekunder; *Macaranga tanarius*, 2–1.400 mdpl, sekunder; *Macaranga triloba*, 800 m, sekunder; *Mallotus rufidulus*, 800 mdpl, sekunder; *Mallotus paniculatus*, 800 mdpl, sekunder; *Homalanthus populneus*, 10–1.800 mdpl, sekunder; *Phyllanthus pulcher*, 800 mdpl, sekunder; *Phyllanthus urinaria*, 0–1.500 mdpl, gulma.

FAGACEAE: *Castanopsis argentea*, 200–1.400 mdpl, sekunder, primer; *Castanopsis javanica*, 90–2.000 mdpl, sekunder, primer; *Lithocarpus pseudomoluccus*, 1.500 mdpl, sekunder, primer.

GENTIANACEAE: *Gentiana quadrifaria*, 1.560–3.340 mdpl, sekunder; *Swertia javanica*, 2.000–3.100 mdpl, sekunder.

GESNERIACEAE: *Aeschynanthus albidus*, 800 mdpl, sekunder; *Aeschynanthus angustifolius*, 100–1.500 m, sekunder; *Aeschynanthus radicans*, 50–1.750 mdpl, sekunder; *Cyrtandra coccinea*, 800–2.000 mdpl, sekunder; *Cyrtandra grandis*, 1.700–2.300 mdpl, sekunder; *Cyrtandra nemorosa*, 1.400 mdpl, sekunder; *Cyrtandra picta*, 320–2.400 mdpl, sekunder; *Cyrtandra populifolia*, 1.400–1.500 mdpl, sekunder.

GLEICHENIACEAE: *Dicranopteris linearis*, 0–1.400 mdpl, sekunder; *Diplopterygium volubile*, 1.800–3.000 m, sekunder; *Gleichenia vulcanica*, 1.800–3.600 mdpl, sekunder.

HYDRANGIACEAE: *Hydrangea aspera*, 1.200–2.500 mdpl, sekunder.

HYPERICACEAE: *Cratoxylum sumatranum*, 800 m, sekunder; *Hypericum leschenaultii*, 1.500–3.000 mdpl, sekunder.

JUGLANDACEAE: *Engelhardia spicata*, 1.000–2.000 mdpl, sekunder, pionir.

LAMIACEAE: *Hyptis brevipes*, 0–1.200 mdpl, gulma; *Isodon coetsa*, 850–2.400 mdpl, sekunder; *Leonotis nepetifolia*, 1.400–3.300 mdpl, gulma; *Leucas decemdentata*, 0–3.000 mdpl, gulma; *Mentha arvensis*, 150–1.400 mdpl, gulma; *Plectranthus galeatus*, 450–2.401 mdpl, pionir; *Plectranthus scutellarioides*, 0–1.500 mdpl, gulma.

LAURACEAE: *Litsea cubeba*, 500–2.900 mdpl, belukar.

LEEACEAE: *Leea aculeata*, 800 mdpl, sekunder.

LILIACEAE: *Allium neapolitanum*, 100–1.400 mdpl, gulma; *Dianella ensifolia*, 100–2.000 mdpl, sekunder; *Dianella javanica*, 1.500–2.900 mdpl, sekunder; *Disporum cantoniense*, 700–2.500 mdpl, sekunder.

LOBELIACEAE: *Lobelia chinensis*, 500–1.500 mdpl, gulma, sekunder.

LOGANIACEAE: *Buddleja asiatica*, 600–3.000 mdpl, pionir; *Fagraea cellanica*, 1.400–2.500 mdpl, sekunder, primer; *Fagraea elliptica*, 0–1.800 mdpl, sekunder.

MALPHIGIACEAE: *Hiptage benghalensis*, 0–1.500 mdpl, sekunder.

MALVACEAE: *Sida acuta*, 100–1.700 mdpl, gulma; *Talipariti simile*, 800 mdpl, sekunder; *Urena lobata*, 0–2.000 mdpl, gulma.

MARANTHACEAE: *Stachyphrynium placentarium*, 800 mdpl, sekunder.

MELASTOMATACEAE: *Astronia spectabilis*, 1.300–2.500 mdpl, sekunder; *Climedia hirta*, 5–1.350 mdpl, gulma; *Macrolenes muscosa*, 800 mdpl, sekunder; *Melastoma malabathricum*, 0–2.400 mdpl, sekunder; *Melastoma setigerum*, 1.500–2.400 mdpl, sekunder.

MELIACEAE: *Dysoxylum densiflorum*, 800 mdpl, sekunder, primer.

MENISPERMACEAE: *Fibraurea tinctoria*, 800 mdpl, sekunder; *Wendlandia glabrata*, 1.400–2.100 mdpl, sekunder.

MIMOSACEAE: *Paraserianthes lophantha*, 1.100–3.000 mdpl, pionir.

MORACEAE: *Ficus deltoidea*, 800–2.400 mdpl, pionir; *Ficus fistulosa*, 10–2.100 mdpl, sekunder; *Ficus montana*, 1–1.400 mdpl, gulma; *Ficus obscura*, 10–1.600 mdpl, sekunder; *Ficus padana*, 800 mdpl, sekunder; *Ficus parietalis*, 800 mdpl, sekunder; *Ficus variegata*, 10–1.500 mdpl, pionir; *Maclura cochinchinensis*, 1–1.500 mdpl, sekunder; *Malaisia scandens*, 5–1.400 mdpl, sekunder.

MYRICACEAE: *Myrica javanica*, 1.000–3.000 mdpl, pionir.

MUSACEAE: *Musa acuminata*, 30–1.650 mdpl, sekunder.

MYRSINACEAE: *Embelia pergamacea*, 500–2.400 mdpl, sekunder; *Embelia ribes*, 90–1.400 mdpl, sekunder; *Maesa latifolia*, 300–1.500 mdpl, sekunder.

MYRTACEAE: *Decaspermum fruticosum*, 1.400–1.500 mdpl, sekunder; *Leptospermum polygalifolium*, 1700–3000 mdpl, pionir.

OLACACEAE: *Strombosia javanica*, 800 mdpl, sekunder, primer.

OLEACEAE: *Jasminum elongatum*, 1–1.600 mdpl, sekunder, primer; *Ligustrum glomeratum*, 1300–1.400 mdpl, sekunder.

OPILIACEAE: *Lepionurus sylvestris*, 800 mdpl, sekunder.

ORCHIDACEAE: *Acriopsis liliifolia*, 800 mdpl sekunder; *Dendrobium spathilingue*, 800 mdpl, sekunder; *Thelymitra javanica*, 1.400–3.301 mdpl, sekunder.

PANDANACEAE: *Pandanus furcatus*, 50–1.700 mdpl, sekunder.

PAPILIONACEAE: *Aganope thyrsiflora*, 800 mdpl, sekunder; *Crotalaria mucronata*, 0–1.400 mdpl, gulma; *Derris elliptica*, 0–1.500 mdpl, sekunder; *Desmodium heterophyllum*, 5–1.400 mdpl, gulma; *Indigofera suffruticosa*, 1–1.500 mdpl, gulma ; *Shuteria involucrata*, 1.400–2.500 mdpl, sekunder; *Vigna radiata* var. *sublobata*, 1–1.500 mdpl, sekunder.

PASSIFLORACEAE: *Passiflora foetida*, 0–1.000 mdpl, sekunder; *Passiflora suberosa*, 10–1.400 mdpl, gulma.

PIPERACEAE: *Piper aduncum*, 800 mdpl, sekunder.

PLANTAGINACEAE: *Plantago major*, 1–3.300 mdpl, gulma.

POACEAE: *Axonopus compressus*, 0–1.401 mdpl, gulma, pionir; *Dinochloa scandens*, 200–1.200 mdpl, sekunder, primer; *Imperata cylindrica*, 0–2.700 mdpl, sekunder; *Isachne albens*, 800–2.601 mdpl, pionir; *Isachne pangerangensis*, 1.200–3.000 mdpl, pionir; *Oplismenus compositus*, 0–2.200 m, pionir, gulma; *Tripogon filiformis*, 1.100–3.100 mdpl, sekunder, pionir.

POLYGONACEAE: *Persicaria chinensis*, 250–3.350 mdpl, sekunder.

POLYGALACEAE: *Polygala venenosa*, 50–1.600 mdpl, sekunder.

POLYPODIACEAE: *Selliguea feei*, 0–2.400 mdpl, pionir.

PRIMULACEAE: *Lysimachia laxa*, 800–3.000 mdpl, sekunder; *Lysimachia japonica*, 1000–2000 mdpl, sekunder; *Lysimachia montana*, 1.000–2.600 mdpl, sekunder.

RANUNCULACEAE: *Clematis leschenaultiana*, 450–3.000 mdpl, sekunder; *Clematis smilacifolia*, 0–1400 m, sekunder; *Thalictrum javanicum*, 1.800–3.300 mdpl, pionir.

RHAMNACEAE: *Rhamnus nepalensis*, 1.000–2.300 mdpl, sekunder; *Ziziphus horsfieldii*, 1.400–1.700 m, sekunder.

RHIZOPHORACEAE: *Carallia brachiata*, 800 mdpl, sekunder.

ROSACEAE: *Photinia integrifolia*, 1.700–2.000 mdpl, sekunder; *Potentilla indica*, 1.500–2.400 mdpl, sekunder; *Prunus grisea*, 50–2.200 mdpl, sekunder, primer; *Rubus acuminatissimus*, 1.750–2.400 m, sekunder; *Rubus alpestris*, 1.750–2.900 mdpl, sekunder; *Rubus chrysophyllus*, 1.400–3.000 mdpl, sekunder; *Rubus ellipticus*, 3.000 mdpl, sekunder; *Rubus elongatus*, 1.400 mdpl, sekunder; *Rubus fraxinifolius*, 1.400–2.600 mdpl, sekunder; *Rubus lineatus*, 1.600–3.200 mdpl, sekunder; *Rubus moluccanus*, 2.100 m, sekunder; *Rubus rosifolius*, 100–2.200 mdpl, sekunder; *Rubus sundaicus*, 1.200 m, sekunder.

RUBIACEAE: *Ixora grandifolia*, 800 mdpl, sekunder; *Mussaenda frondosa*, 5–1.700 mdpl, sekunder, primer; *Neanotis hirsuta*, 1.500–2.100 mdpl, gulma; *Nertera granadensis*, 2.000–2.400 mdpl, sekunder; *Ophiorrhiza longiflora*, 1.000–2.400 mdpl, gulma; *Paederia verticillata*, 800 mdpl, sekunder; *Psychotria montana*, 800–2.000 mdpl, sekunder; *Richardia brasiliensis*, 20–1.700 mdpl, gulma; *Rubia cordifolia*, 1.400–2.400 mdpl, gulma; *Uncaria cordata*, 1.400 mdpl, sekunder.

RUTACEAE: *Melicope latifolia*, 800 mdpl, pionir; *Toddalia asiatica*, 1.000–2.600 mdpl, sekunder; *Zanthoxylum scandens*, 1.000–2.100 m, sekunder.

SAPINDACEAE: *Allophylus cobbe*, 1–1.500 mdpl, sekunder; *Mischocarpus pentapetalus*, 1–1.500 mdpl, sekunder; *Mischocarpus sundaicus*, 1–1.000 mdpl, sekunder.

SAPOTACEAE: *Planchonella duclitan*, 800 mdpl, sekunder.

SCROPHULARIACEAE: *Lindernia ruelloides*, 1–1.700 mdpl, gulma; *Lindernia viscosa*, 800 mdpl, gulma.

SMILACACEAE: *Smilax celebica*, 10–1.600 mdpl, sekunder, primer; *Smilax odoratissima*, 900–2.400 mdpl, sekunder, primer; *Smilax zeylanica*, 50–1.600 mdpl, sekunder, primer.

SOLANACEAE: *Physalis peruviana*, 1.400–2.300 mdpl, gulma; *Solanum aculeatissimum*, 1400 mdpl, gulma; *Solanum ferox*, 5–1.550 mdpl, gulma; *Solanum verbascifolium*, 5–1.500 mdpl, gulma.

STERCULIACEAE: *Sterculia coccinea*, 800 mdpl, sekunder.

SYMPLOCACEAE : *Symplocos cochinchinensis*, 1–3.000 mdpl, sekunder; *Symplocos cochinchinensis*, var. *sessilifolia*, 1.700–3.050 mdpl, pionir; *Symplocos fasciculata*, 0–2.200 mdpl, sekunder; *Symplocos odoratissima*, 1.400–2.500 mdpl, sekunder, primer.

THEACEAE: *Eurya acuminata*, 600–3.000 mdpl, sekunder; *Eurya glabra*, 1.900–3.000 mdpl, pionir; *Schima wallichii*, 100–2.600 mdpl, sekunder, primer.

TILIACEAE: *Grewia laevigata*, 800 mdpl, sekunder; *Triumfetta cana*, 500–1.850 mdpl, gulma; *Triumfetta rhomboidea*, 0–1.600 mdpl, gulma.

ULMACEAE: *Parasponia parvifolia*, 1–2.000 mdpl, sekunder; *Trema orientalis*, 3–2.400 mdpl, sekunder.

URTICACEAE: *Boehmeria diversifolia*, 500–1.800 mdpl, sekunder; *Cypholophus lutescens*, 1.000–2.400 mdpl, sekunder; *Debregeasia longifolia*, 500–2.600 mdpl, sekunder; *Elatostema paludosum*, 1.000–2.000 mdpl, sekunder; *Elatostema strigosum*, 1.000–2.500 mdpl, sekunder; *Gonostegia hirta*, 1.000–2.500 mdpl, *Oreonicde rubescens*, 0–1.600 mdpl, sekunder.sekunder; *Pilea microphylla*, 1–1.425 mdpl, gulma; *Poikilospermum suaveolens*, 800 mdpl, sekunder; *Procris frutescens*, 0–1.600 mdpl, gulma.

VALERIANACEAE: *Valeriana hardwickii*, 1–1.700 mdpl, sekunder.

VERBENACEAE: *Callicarpa albida*, 0–1.700 mdpl, gulma; *Clerodendrum disparifolium*, 50–1.500 mdpl, sekunder; *Lantana camara*, 0–1.700 mdpl, sekunder, gulma; *Rotheca serrata*, 800 mdpl, sekunder.

VITACEAE: *Ampelocissus thyrsoflora*, 800 mdpl, sekunder; *Cayratia geniculata*, 0–1.500 mdpl, sekunder; *Cissus adnata*, 1.400–1.500 mdpl, sekunder; *Tetrastigma lanceolarium*, 800 mdpl, sekunder.

ZINGIBERACEAE: *Cheilocostus speciosus*, 800 mdpl, sekunder; *Etingera cocinea*, 800–1.630 mdpl, sekunder; *Globba pendula*, 800 mdpl, sekunder; *Hedychium roxburghii*, 1.000–2.250 mdpl, sekunder; *Zingiber inflexum*, 800–1.600 mdpl, sekunder, primer; *Zingiber odoriferum*, 600–1.500 mdpl, sekunder, primer.

Sumber: Data dan informasi dihimpun dari Backer & Bakhuizen van den Brink, Jr. (1963–1968), Kramer (1926, 1933), Riswan (1984), Sunarno & Rugayah (1992), Steenis dkk. (1972, 2006), dan Whitmore (1986).

1. Suksesi di Zona Pegunungan

Suksesi di pegunungan di daerah tropik sangat beragam dan suksesi primer berlangsung dari titik nol atau habitat steril tanpa bibit tumbuhan sama sekali. Waktu yang diperlukan untuk proses suksesi berlangsung sangat bervariasi dan terkait dengan elevasi karena pertumbuhan berjalan lebih lambat pada elevasi tinggi dan suhu

rendah. Di pegunungan di Jawa, suksesi primer dapat bermula pada sebuah aliran lava, lahar baru, lapisan abu steril, tanah berbatu, dan tanah longsor (Steenis dkk., 1972, 2006). Pada habitat seperti itu, vegetasi pionir dan pertumbuhan kembali berjalan sangat lambat (Faber, 1927; Pijl, 1938).

Steenis dkk. (1972, 2006) mencatat secara kualitatif uraian berikut tentang suksesi sekunder di hutan pegunungan di Jawa. Pada tahap awal suksesi sekunder terkait dengan sebuah konsep tentang perubahan struktur vegetasi di sebuah tempat terbuka, lapangan terbengkalai, dan vegetasi terbakar. Tumbuhan pionir pertama yang muncul adalah terna agresif yang sering kali berupa tumbuhan semusim atau tahunan (*annual*). Di sela-sela atau di bawah naungan tumbuhan pionir ini, tumbuhan berkayu yang cepat tumbuh (pohon gulma) berkecambah, berkembang, dan kemudian membentuk tegakan tumbuhan yang dapat mencapai tinggi beberapa meter. Tegakan seperti ini biasa disebut belukar atau hutan muda. Bila naungan di bawah belukar ini sudah cukup, biji pohon-pohon hutan klimaks dapat berkecambah dengan baik. Setelah itu suksesi memasuki tahap kedua, yaitu peningkatan keanekaragaman floristik. Dalam kurun waktu 3–10 tahun, pohon-pohon gulma tumbuh dengan cepat dan membentuk belukar dan hutan sekunder muda dengan tinggi 10–15 m. Pohon gulma sudah dewasa penuh dan mati pada umur 10–25 tahun dan membuka rumpang bagi masuknya pohon yang berdaur hidup lebih panjang. Bila tidak terjadi gangguan, pohon-pohon berdaur hidup lebih panjang tadi akan tumbuh membentuk hutan sekunder tua, atau belukar tua yang berumur 25–75 tahun. Pohon-pohon belukar muda dan belukar tua akan menjadi dewasa penuh dan tumbang ketika mencapai tinggi sekitar 15–30 m. Dalam waktu yang sama, semai pohon-pohon klimaks tumbuh dengan mantap dan perlahan-lahan tumbuh menjadi pohon muda berbatang lurus, kurus, tanpa cabang, mencari cahaya, dengan tajuk kecil di ujung batang dan proses fotosintesis terhambat karena naungan pohon hutan sekunder. Setelah sekitar 50–75 tahun, tajuk pohon klimaks tumbuh lebih terbuka, membesar, dan membulat sehingga terbentuk kanopi pohon klimaks tinggi. Beberapa spesies pohon besar berbatang lurus tanpa cabang, antara lain *Altingia excelsa*, hid-

up di bawah naungan kanopi utama hutan pegunungan yang lebat. Bentuk batang lurus ini akan berubah menjadi bercabang-cabang bila pohon muda yang sudah toleran terhadap cahaya langsung tumbuh di tempat terbuka, seperti terlihat pada pohon-pohon *Altingia excelsa*, yang ditanam di lapangan terbuka di KRC.

Steenis dkk. (1972, 2006) berpendapat bahwa pengaruh api terhadap vegetasi di G. Gede-Pangrango tidak terlalu besar. Iklim basah di kawasan hutan pegunungan G. Gede-Pangrango ditambah dengan ketiadaan bahan-bahan yang mudah terbakar tidak kondusif untuk menimbulkan kebakaran. Semua pohon dalam hutan hujan pegunungan yang selalu hijau tidak mudah terbakar. Suksesi setelah kebakaran hanya terbatas di komunitas *Anaphalis javanica-Isachne pangerangensis* di alun-alun Mandalawangi dan komunitas *Anaphalis javanica-Tripogon filiformis* di alun-alun Suryakencana. Namun, Abdulhadi dkk. (2000) mencatat bahwa efek kebakaran pada tahun 1997 pada luasan 300 ha, termasuk 250 ha di G. Masgit, TNGGP, cukup dahsyat sehingga banyak pohon terbakar dan yang paling terdampak adalah vegetasi lapisan bawah. Tiga bulan setelah kebakaran beberapa spesies sudah muncul, antara lain *Eupatorium* sp., *Macaranga* spp., *Homalanthus populneus*, dan *Trema orientalis*. Tidak demikian halnya dengan di pegunungan di Jawa bagian timur, yang sejak dahulu kebakaran dan pembakaran selalu terjadi. Proses invasi oleh spesies pionir di vegetasi terbakar tidak akan banyak berbeda dengan proses invasi di ladang dan kebun yang ditelantarkan.

Tabel 24 mencatat spesies sekunder, termasuk spesies pionir, gulma, spesies dalam rumpang, dan spesies vegetasi primer yang berperilaku seperti spesies sekunder, dengan kisaran elevasi sebarannya, termasuk spesies yang terdapat di kawasan G. Gede-Pangrango. Terna *Erechtites valerianifolia*, *Plectranthus galeatus*, rumput *Axonopus compressus*, *Isachne albens*, dan *Oplismenus compositus*, serta teki-teki *Carex baccans* dan *Carex cryptostachis* adalah tumbuhan pionir yang menginvasi tempat-tempat terbuka dan hutan yang ditebas habis (Sadili dkk., 2009; Steenis dkk., 1972, 2006). Spesies yang kemudian datang menginvasi komunitas pionir tersebut adalah spesies perdu yang tumbuh di antaranya, termasuk *Blumea*

balssamaifera, *Blumea lacera*, *Blumea riparia*, *Eupatorium inullifolium*, dan *Melastoma malabathricum* dan adakalanya dibarengi pulka tumbuhan merambat, seperti *Dinochloa scandens*, *Persicaria chinensis*, dan *Rubus moluccanus*. Di hutan yang ditebas habis spesies yang semula tumbuh di hutan tersebut dapat berkembang pula, seperti *Begonia* spp., *Cyrtandra coccinea*, *Cyrtandra grandis*, *Cyrtandra nemorosa*, *Musa acuminata*, *Schismatoglottis calyprata*, *Strobilanthes blumei*, dan *Strobilanthes cernua*.

Seerti ditunjukkan dalam diagram (Gambar 52), bila belukar dibakar atau terbakar berulang-ulang, belukar ini akan berubah menjadi padang rumput yang bercampur dengan terna dan paku-pakuan *Pteridium aquilinum*. Di daerah pamah dengan elevasi kurang dari 2.000 m pembakaran berulang akan berakhir dengan padang rumput yang didominasi alang-alang (*Imperata cylindrica*) (Kartawinata, 1993). Alang-alang tidak dapat dimusnahkan dengan pemotongan berulang karena rimpangnya, yang tebal, agak kasar, dan terbenam sekitar 20–30 cm di dalam tanah, dapat tumbuh dengan mudah setelah dipotong. Alang-alang tidak dapat bertahan hidup di tanah tergenang air dan pada tanah di bawah naungan. Alang-alang secara potensial dapat membentuk komunitas sekunder (padang rumput) di zona pegunungan dan zona subalpin, seperti telah tercatat kehadirannya di daerah puncak G. Gede pada elevasi sekitar 3.000 m (Sadili dkk., 2009). Sementara itu, di tempat-tempat terbuka yang lebih lembap, termasuk di lereng terjal, tebu liar, gelagah, atau kaso (*Saccharum spontaneum*), tumbuh subur dalam kelompok besar.

Jumlah spesies pohon gulma atau pohon sekunder di pegunungan cukup banyak dan di G. Gede-Pangrango dapat ditemukan berbagai spesies (Tabel 24), terutama dari suku *Euphorbiaceae*, *Moraceae*, *Ulmaceae* dan *Urticaceae*, termasuk *Astronia spectabilis*, *Breynia microphylla*, *Buddleja asiatica*, *Callicarpa albida*, *Cyathea contaminans*, *Cypholophus lutescens*, *Debregeasia longifolia*, *Engelhardia spicata*, *Ficus fistulosa*, *Ficus grossularioides*, *Harmsiopanax aculeatus*, *Ligustrum glomeratum*, *Litsea cubeba*, *Macaranga rhizinoides*, *Macaranga tanarius*, *Mussaenda frondosa*, *Myrica javanica*, *Homalanthus populneus*, *Parasponia parviflora*, *Schima wallichii*, *Trema orientalis*,

Vernonia arborea, *Viburnum coriaceum*, *Villebrumea rubescens*, dan *Wendlandia glabrata*.

Seperti telah dikemukakan dalam bab rumpang, Kramer (1926, 1933) dan Srijanto (1987) merekam bahwa spesies pohon hutan primer yang beregenerasi baik dan tumbuh cepat setelah penebangan habis atau dalam rumpang karena badai, antara lain *Altingia excelsa*, *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, *Castanopsis tungurru*, *Dysoxylum densiflorum*, *Dysoxylum parasiticum*, *Gordonea excelsa*, *Lithocarpus* spp., *Magnolia sumatrana* var. *glauca*, *Neonauclea lanceolata*, *Nyssa javanica*, *Podocarpus neriifolius*, *Rhodamnia cinerea*, dan *Schima wallichii*. Biji spesies ini tidak dapat tumbuh di tempat terbuka dengan cahaya penuh, tetapi dapat berkecambah disela-sela dan di bawah naungan spesies dalam komunitas pionir dan dalam belukar serta hutan sekunder. Dalam perkembangan selanjutnya spesies pohon ini, setelah menjadi pohon muda, menjadi toleran terhadap cahaya penuh dan tumbuh bersama spesies belukar dan pohon hutan primer, dan bahkan dapat melebihinya. Lambat-laun hutan sekunder tumbuh menjadi komunitas sekunder fase terminal dan akhirnya hutan klimaks.

Schima wallichii mempunyai sifat yang luar biasa, yaitu toleran terhadap cahaya penuh maupun naungan sehingga dapat ditemukan dari daerah rendah sampai pegunungan dengan elevasi 2.400 mdpl (Gambar 34 dan Tabel 15). Spesies pohon ini dapat tumbuh sebagai tumbuhan pionir, tumbuhan penyusun belukar muda dan tua, dan bahkan sebagai salah satu komponen hutan primer. Namun, Srijanto (1987) menemukan dalam petak penelitiannya bahwa biji *Schima wallichii* ini tidak dapat tumbuh di tempat terbuka dengan cahaya penuh. Mungkin *Schima wallichii* ini merupakan salah satu varian dari kompleks *Schima wallichii* (Bloembergen, 1952).

Kelompok pohon pionir dapat dibedakan menjadi pionir berumur pendek dan pionir berumur panjang (Whitmore, 1986). Spesies-spesies yang termasuk berumur pendek antara lain *Homalanthus populneus*, sebagian besar *Macaranga*, serta *Mallotus paniculatus*, yang hidup hanya sampai 15 tahun, dan terkadang sampai 30 tahun. Spesies-spesies berikut termasuk berumur panjang dan

mempunyai ciri-ciri pionir, tetapi kurang agresif dan terdapat secara lokal di pegunungan, antara lain *Engelhardtia spicata*, *Harmsioplanax aculeatus*, *Leptospermum polygalifolium*, *Schima wallichii*, *Trema orientalis*, dan *Weinmannia blumei*. Di suatu tempat spesies dapat tersebar merata, tetapi dapat pula mengelompok dan menjadi spesies dominan, seperti *Trema orientalis*. Paku pohon *Cyathea contaminans* dapat pula hadir dalam jumlah besar dan membentuk rumpun kecil (Gambar 54).



Foto: H. Soedjito (2007)

Gambar 53. Paku Pohon *Cyathea contaminans* Mendominasi Hutan Sekunder

Steenis dkk. (1972, 2006) merekam bahwa terdapat spesies paku-pakuan lain yang merambat, menjalar, dan merupakan spesies pionir yang agresif, seperti beberapa spesies *Dicranopteris linearis* dengan varietas-varietasnya *Gleichenia vulcanica* dan *Gleichenia volubilis* var. *volubilis*. Spesies ini adalah spesies pionir yang

membentuk rumpun yang sulit ditembus di atas tumpukan kerikil di kaki lereng pada tanah longsor dan di tempat-tempat terbuka serta lahan terganggu. Selain itu, dalam hutan yang tidak terganggu paku *Dipteris conjugata* bersama-sama dengan spesies paku lain *Olean-dra* dan liana berkayu *Freycinetia javanica* membentuk komunitas pada lereng-lereng dan puncak-puncak yang sangat curam. Backer dan Van Slooten (1924) mengelompokkan tumbuhan yang hidup di tempat-tempat curam dan tumpukan kerikil sebagai *kremnofita*.

2. Suksesi di Zona Subalpin

Dalam vegetasi utama di atas elevasi 2.000 m pembakaran dan kebakaran merangsang dan mendorong pemencaran dan penyebaran biji serentak berbagai spesies tumbuhan pionir seperti rerumpunan, terna, perdu, serta pohon *Casuarina* dan *Paraserianthes* yang tahan api. Spesies pionir tersebut membentuk vegetasi pionir, yang kemudian berkembang menjadi vegetasi sekunder yang bila tidak terganggu akan berkembang menuju vegetasi terminal atau klimaks. Menurut Steenis dkk. (1972, 2006) kebakaran dan pembentukan padang rumput di daerah elevasi tinggi di Jawa berlaku juga di G. Gede-Pangrango. Dikemukakan bahwa di zona subalpin penyebab kebakaran adalah kegiatan manusia dan bukan gejala alam, seperti vulkanisme dan petir, yang selama ini belum pernah terekam, meskipun petir, yang selalu disertai hujan lebat, dapat terjadi di pegunungan tinggi. Vulkanisme, yang membentuk aliran lava panas dan awan debu panas, dapat menimbulkan kebakaran, tetapi hutan terbakar karena vulkanisme jarang terjadi di daerah G. Gede-Pangrango.

Kebakaran di hutan subalpin lebih mungkin terjadi daripada di hutan hujan pada elevasi lebih rendah, seperti pernah terjadi di G. Masigit (Abdulhadi dkk., 2000). Dalam hutan subalpin yang kanopinya relatif terbuka banyak ditemukan rumput, terna, dan lumut, yang bila mengering akan menjadi bahan yang mudah terbakar. Steenis dkk. (1972, 2006) menegaskan bahwa di hutan subalpin, kecuali *Paraserianthes lophantha*, pohon-pohon yang berbatang kecil tidak mempunyai sifat-sifat tahan api sehingga tidak mudah terbakar dan kalau pun terbakar batangnya jarang bertunas lagi. Di tepi alun-

alun di G. Gede, spesies pionir *Anaphalis javanica* menginvasi hutan yang terbakar habis. Pertumbuhan *Anaphalis javanica* terhambat oleh kondisi tanah yang miskin, sebagai akibat dari pelapukan dan pembentukan tanah dari bahan vulkanik asam berlangsung sangat lambat. Kondisi tidak menguntungkan ini diperparah oleh curah hujan tinggi dan porositas substrat yang mendorong pencucian hara. Habitat yang miskin hara ini tidak mendukung regenerasi hutan, tetapi merangsang pertumbuhan rumput, yang tidak terlalu membutuhkan tanah. Hamparan *Anaphalis javanica* yang sangat luas di alun-alun Suryakencana dapat dikategorikan sebagai komunitas pionir. Kebakaran tampaknya malah merangsang pertumbuhan tegakan *Anaphalis javanica* yang semakin rimbun di lereng-lereng. Beberapa puluh tahun setelah hutan terbakar, regenerasi spesies pohon di hutan subalpin tidak tampak, yang menunjukkan bahwa proses pemulihan hutan berjalan sangat lambat atau bahkan terhenti.

Sementara itu, pengamatan Docters van Leeuwen (1933) di lereng sebelah barat G. Gumuruh, yang terbakar pada tahun 1914, tidak sejalan dengan fakta di tepi alun-alun. Ia mengatakan bahwa hutan yang terbakar diinvasi *Anaphalis javanica* dan hutan berangsur-angsur pulih kembali menjadi hutan lebat. Pendapat ini dikuatkan oleh Asep Sadili (komunikasi pribadi, 2009), yang pada September 2007 mencatat bahwa lereng G. Gumuruh, yang terbakar telah menjadi hutan kembali. Kemungkinan kondisi habitat di sini lebih baik dibandingkan di alun-alun Suryakencana, yang tanahnya sangat miskin sebagai akibat dari pelapukan batuan yang lambat serta porositas substrat yang tinggi sehingga laju pembasuhan hara pun tinggi (Steenis dkk., 1972, 2006).

Kebakaran yang ditimbulkan oleh manusia dapat mengubah lanskap hutan menjadi padang rumput atau savana permanen. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 52, pembakaran atau kebakaran berulang hampir pasti menciptakan padang rumput permanen tanpa pohon sehingga padang rumput permanen ini dapat dikategorikan sebagai vegetasi klimaks api. Spesies-spesies rumput di sini tumbuh bercampur dengan terna lain, yang resisten terhadap api, karena mempunyai umbi lapis, umbi, dan rimpang dalam tanah, serta tum-

buhan semusim yang mampu menghasilkan biji yang cepat tumbuh di lapisan tanah bagian atas. Padang rumput yang terbentuk sebagai akibat kebakaran banyak terdapat di Jawa Tengah dan Jawa Timur dan jarang terdapat di pegunungan Jawa Barat karena iklimnya yang selalu basah.

Suksesi primer terjadi pada aliran lava tua dan rombakan lereng (*scree*), yang berupa lava yang memadat, abu, dan lapili (abu bercampur batu) yang tertimbun di puncak dan lereng kerucut (Steenis dkk., 1972, 2006). Pada habitat ini berkembang padang rumput, yang didominasi spesies rumput pionir, yang tumbuh bersama spesies lain, termasuk *Anaphalis javanica*, *Carex baccans*, *Myrica javanica*, *Persicaria chinensis*, dan paku *Histiopteri*. Di G. Pangrango pada elevasi 2.300–3.000 mdpl, suksesi pada rombakan lereng telah berlangsung sejak gunung berapi ini mati beberapa ribu tahun yang lampau dan berakhir dengan hutan klimaks.

Menurut Docters van Leeuwen (1933), vegetasi alun-alun Suryakencana di G. Gede tidak berubah sejak dipertelakan oleh Junghuhn pada tahun 1845 dan kemudian oleh Korthals pada tahun 1848. Dilaporkan bahwa alun-alun ini gundul dan menyerupai semak kerangas (*heath scrub*), dengan spesies utamanya *Anaphalis javanica*, yang tumbuh bersama dengan *Gentiana quadrifaria*, *Swertia javanica*, *Thelymitra javanica*, dan beberapa spesies rumput.

Seperti telah dikemukakan, hutan di sepanjang jalan pada lereng dalam alun-alun Mandalawangi di puncak G. Pangrango pernah ditebas habis Teysmann, dan pada waktu diamati Docters van Leeuwen (1933) vegetasi di sini terdiri atas pohon-pohon yang menyerupai perdu, yang diperkirakan dari spesies pohon yang sama yang dulu membentuk hutan. Ditemukan bahwa *Hypericum* dan *Anaphalis* tumbuh di tempat terbuka. Dua spesies ini menghilang ketika hutan sudah pulih dan proses pemulihan ini berjalan lambat. Junghuhn (1845) berasumsi bahwa vegetasi terbuka di puncak Pangrango disebabkan oleh letusan terakhir G. Pangrango, dan ia meramalkan bahwa suatu ketika vegetasi ini akan berubah menjadi hutan kembali, tetapi perubahan ini lambat karena tanah tidak cocok untuk pertumbuhan pohon. Pada saat ini puncak G. Pangrango



tertutup komunitas terna didominasi oleh *Anaphalis javanica* dan *Isachne pangerangensis*, yang tidak menunjukkan tanda-tanda akan berubah menjadi hutan (Sadili, 2009).

Dalam zona subalpin terdapat *Paraserianthes lophantha*, yaitu sebuah spesies pohon asli hutan sekunder yang agresif dan menjadi dominan secara lokal (Steenis dkk., 1972, 2006). Biji spesies ini mudah dipencarkan dan terkubur dalam tanah dalam jumlah besar. Spesies ini telah beradaptasi terhadap kebakaran dan regenerasi terjadi bukan melalui pertumbuhan tunas (*suckering*), tetapi melalui perkecambahan biji yang melimpah. Biji berukuran besar, berkulit sangat keras dan berselaput biji tipis, yang tidak dapat ditembus air sehingga biji tidak mudah berkecambah. Di atas tanah biji ini tertimbun serasah dan tetap dorman selama masa kering. Biji-biji ini berkecambah dan semai tumbuh lebat di tempat-tempat terbuka, seperti di hutan yang ditebas habis, hutan terbakar parah serta tanah terbuka karena longsor. Ketika kebakaran terjadi, kulit biji terbakar hangus serta merekah, yang membuka jalan untuk air meresap ke dalam biji dan merangsang perkecambahan. Biji-biji yang terbakar berkecambah serentak dan semai yang melimpah berkembang menjadi anakan pohon dan kemudian pohon dewasa sehingga pada akhirnya terbentuk tegakan murni *Paraserianthes*. Pohon *Paraserianthes lophantha* berumur pendek dan biasanya sudah mulai melapuk setelah berumur 10 tahun. *Paraserianthes lophantha* dapat membentuk komunitas yang lebat, tetapi tidak dapat beregenerasi di bawah naungannya sendiri sehingga pada suatu saat komunitas ini akan sirna. Beberapa spesies lain, termasuk *Litsea cubeba*, *Myrica javanica*, dan *Neolitsea javanica*, berperilaku seperti *Paraserianthes lophantha*.

Di G. Gede, *Paraserianthes lophantha*, tumbuh baik, tetapi tidak melimpah seperti di gunung-gunung di Jawa Tengah dan Jawa Timur (Docters van Leeuwen, 1933; Steenis dkk., 1972, 2006). Pengamatan Docters van Leeuwen di G. Merbabu (1913), G. Lawu (1925), dan G. Gede (1933) menunjukkan bahwa bila terjadi kebakaran besar, semua anak pohon mati terbakar, tetapi bila kebakaran yang terjadi berskala sedang, tunggul-tunggul tua dapat bertunas kembali.

Di zona subalpin *Dicranopteris linearis*, *Rubus rosifolius*, dan *Rubus lineatus* tumbuh agresif sekali dan membentuk semak-semak rimbun, sedangkan berbagai spesies tumbuhan lain tidak demikian dan tumbuhnya lambat karena pengaruh elevasi. Secara umum, di mana pun di daerah puncak gunung, pertumbuhan sekunder lambat sekali setelah hutan dan vegetasi lain dibabat habis.

3. Restorasi dan Rehabilitasi Ekosistem melalui Suksesi Alami

Restorasi ekosistem dapat didefinisikan sebagai suatu upaya untuk memperbaiki atau mengembalikan suatu ekosistem yang telah rusak karena gangguan atau perubahan lingkungan ke kondisi struktur dan fungsi sebelumnya (Jordan dkk., 1987; Sauer, 1998; Suding, 2011), sedangkan ekologi restorasi adalah studi ilmiah tentang perbaikan dan pengelolaan ekosistem yang rusak melalui intervensi oleh manusia (Suding, 2011). Dewasa ini pendekatan restorasi ekosistem yang menerapkan prinsip-prinsip ekologi restorasi untuk merehabilitasi dan memperbaiki ekosistem yang rusak telah banyak dilaksanakan di banyak negara, termasuk di Indonesia.

Restorasi diartikan sebagai proses pemulihan yang berjalan mengikuti proses suksesi alami dan meliputi berbagai fase yang merefleksikan derajat kompleksitas gangguan ekosistem aslinya. Restorasi ekosistem bertujuan membangun kembali kondisi lingkungan masa lalu yang menjadi andalan dan jaminan bagi eksistensi dan sintasan tumbuhan dan hewan. Selama proses ini berjalan mungkin sekali kita tidak dapat mengembalikan semua aspek, tetapi paling tidak karakter dasar ekosistem, spesies kunci, dan aspek penting lain dalam komunitas tidak diabaikan (Sauer, 1998). Hutan asli tidak akan dapat dipulihkan ke situasi semula dan tingkat pemulihan akan bergantung kepada derajat kerusakan dan kurun waktu sejak gangguan terjadi, tetapi pola dan komponennya dapat dipertahankan untuk menunjang sebagian besar kekayaan biotanya yg telah bertahan sampai sekarang. Sangat penting untuk dicatat bahwa kegiatan restorasi hendaknya berbasis ilmu dan masyarakat (Sauer, 1998).

Mengingat pergantian komposisi dan fungsi yang cepat dalam berbagai ekosistem yang terkait dengan perubahan iklim, tata guna lahan, dan keanekaragaman hayati, penentuan tujuan untuk kembali ke kondisi masa lalu bukan suatu pekerjaan mudah. Dengan demikian, tujuan restorasi harus dibuat lebih luas sehingga dapat mencakup jasa ekosistem dan ketahanan (*resilience*) ekologi terhadap perubahan masa depan (Suding, 2011). Jasa ekosistem menyediakan berbagai keuntungan, termasuk penambahan keanekaragaman hayati, peningkatan penyediaan pangan, pakan, papan, serta komoditas nir kayu, perbaikan ketersediaan air, peningkatan sekuestrasi karbon, intensifikasi pengaturan iklim, penguatan daur hara, perluasan nilai budaya, penambahan nilai rekreasi, dsb. (Rey Benayas dkk., 2009, Birch dkk., 2010; Suding, 2011), sedangkan ketahanan ekosistem menunjukkan kapasitas sebuah sistem untuk menyerap gangguan dan mengadakan reorganisasi sambil mempertahankan fungsi, struktur, dan umpan balik (Suding, 2011). Restorasi hutan tropik berskala besar dianggap sebagai salah satu pilihan untuk memitigasi perubahan iklim dan melestarikan keanekaragaman hayati (Kettle dkk., 2010). Dengan pemilihan spesies cepat tumbuh dan berumur panjang yang tepat, restorasi dapat membantu peningkatan stok karbon dalam program *Reduced Emission from Deforestation and Degradation* (REDD). Berikut ini adalah contoh spesies hutan sekunder dengan berat jenis rendah yang cepat tumbuh dan berumur panjang (sampai 30 tahun) yang baik untuk REDD dengan perspektif restorasi: *Cratogeomys arborens*, *Duabanga moluccana*, *Eucalyptus deglupta*, *Macaranga gigantea*, dan *Octomeles sumatrana* (Kartawinata, 1994), di G. Gede-Pangrango terdapat juga spesies pohon cepat tumbuh dan berumur panjang antara lain, *Astronia spectabilis*, *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, *Engelhardia spicata*, *Fagraea fragrans*, *Leptospermum polygalifolium*, *Schima wallichii*, *Trema orientalis*, *Vernonia arborea*, *Weinmannia blumei*, dsb. (Steenis, 1958; Steenis dkk., 1972, 2006; Whitmore, 1986).

Banyak lahan dan hutan rusak dibiarkan tidak dimanfaatkan dan tidak produktif. Bila dibiarkan tanpa diganggu, lahan dan hutan rusak tersebut, melalui proses suksesi alami, akan pulih kembali menjadi hutan yang serupa dengan hutan semula. Jadi, alam sebenarnya

akan memulihkan sendiri hutan rusak bila tidak ada intervensi kegiatan manusia yang sewenang-wenang. Namun, laju suksesi ini akan bergantung kepada derajat, intensitas, dan frekuensi gangguan serta kepada iklim, tipe habitat atau tempat tumbuh, serta ketersediaan biji dan bibit lain di sekitar lahan rusak tersebut. Semakin parah kerusakan, semakin lambat laju pemulihan. Di Kalimantan, Riswan (1982); dan di Puerto Rico, Amerika Tengah, Lugo (1988) mencatat bahwa diperlukan waktu sekitar 30 tahun atau bahkan lebih bagi bahan organik tanah kembali ke tingkat sebelum gangguan dan sekitar 30–60 tahun sebelum pohon-pohon asli yang bermanfaat dan bernilai ekonomi yang berukuran cukup besar muncul dalam hutan.

Hutan sekunder yang berkembang dari lahan bekas kebun lada yang dikelilingi hutan *Dipterocarpaceae* primer di Lempake, Kalimantan Timur, setelah 35 tahun sama sekali belum menampakkan komposisi spesies pohon yang sama dengan hutan yang ada di sekelilingnya (Riswan, 1982; Riswan & Kartawinata, 1989). Hutan sekunder ini bahkan didominasi oleh pohon cepat tumbuh yang tidak terdapat dalam hutan aslinya yang diperkirakan serupa dengan yang di sekelilingnya. Diprediksi perlu waktu 250–500 tahun untuk dapat kembali ke kondisi seperti hutan asalnya. Bila perusakan hutan sangat parah dan luas sekali serta diganggu oleh kebakaran berulang, yang didapat adalah padang alang-alang yang dapat terjadi hanya dalam waktu tiga tahun setelah penebangan habis jika kebakaran berlangsung setiap tahun (Kartawinata, 1984). Suksesi di padang alang-alang sampai menjadi hutan akan berlangsung lama sekali dan mungkin tidak akan pernah kembali sama sekali bila sumber biji dan bibit tidak tersedia di sekitarnya serta kebakaran terjadi terus-menerus yang merangsang pertumbuhan alang-alang. Sebagai akibatnya, padang alang-alang akan bertahan dan menjadi vegetasi klimaks api yang “permanen”.

Lugo (1988) menelaah dan mencatat beberapa masalah dalam rehabilitasi ekosistem hutan yang rusak di kawasan tropik basah dan menyimpulkan bahwa strategi kunci untuk rehabilitasi hutan tropik adalah sejauh mungkin memanfaatkan proses-proses alami. Rehabilitasi ekosistem melibatkan pengelolaan suksesi, yang idealnya



melibatkan semua komponen ekosistem, termasuk vegetasi, tanah, hewan, dan mikroba. Konversi lahan rusak menjadi lahan yang produktif dapat dilaksanakan melalui rehabilitasi ekosistem dan dapat dimulai dengan rehabilitasi komponen vegetasinya. Dalam hal ini, proses-proses suksesi dapat dimanipulasi dan diintervensi untuk membuat hasil akhir perubahan suksesi vegetasi yang bermanfaat secara komersial atau bagi masyarakat dan untuk mempercepat pembentukan vegetasi klimaks.

Seperti dikemukakan dalam bab suksesi (Bab VII.C), Gambar 52 melukiskan perubahan suksesi sekunder secara skematik dengan modifikasi dari Kartawinata (2006). Skema ini berlaku baik bagi hutan pamah maupun hutan pegunungan. Proses suksesi alami (SA) berlangsung dari fase selepas penebangan habis hutan primer (klimaks) sampai ke fase terminal ketika hutan klimaks baru terbentuk. Untuk restorasi dan rehabilitasi proses suksesi ini dapat dimodifikasi melalui intervensi untuk pengembangan selanjutnya sesuai dengan tujuan akhir yang diinginkan dengan cara Regenerasi Alam Dipercepat (RAD) melalui penanaman spesies asli untuk mempercepat proses suksesi dan konversi (K) menjadi hutan tanaman pohon-pohon hutan asli atau pohon-pohon eksotik dengan tujuan memproduksi kayu. Hutan tanaman ini dapat dikonversikan menjadi hutan konservasi dengan membiarkan tumbuh secara alami mengikuti suksesi tanpa intervensi manusia atau dengan intervensi Regenerasi Alam Dipercepat (RAD) melalui penanaman spesies asli untuk mempercepat proses suksesi menuju hutan klimaks baru Kebakaran Berulang (KB) sering terjadi di belukar dan padang alang-alang yang berakhir dengan klimaks api, yang juga dapat dikembangkan menjadi vegetasi yang produktif dan lebih bermanfaat seperti hutan tanaman spesies asli atau spesies eksotik, yang pada gilirannya dapat dijadikan hutan produksi atau hutan konservasi. Contoh pembangunan hutan tanaman pada lahan atau hutan rusak yang berubah menjadi hutan konservasi adalah hutan rasamala (*Altingia excelsa*) di Bodogol, TNGGP. Struktur, komposisi, dan regenerasi hutan tanaman rasamala ini diuraikan oleh Sadili dan Alhamd (2012) dan Sadili (2014).

Restorasi ekosistem berbagai lahan rusak di dalam kawasan pelestarian merupakan keharusan untuk meningkatkan keanekaragaman hayati, jasa ekosistem, dan pembangunan berkelanjutan (Ario dkk., 2020 mengutip beberapa acuan). Di dalam kawasan TNGGP dan Cagar Biosfer Cibodas terdapat banyak lahan yang perlu dipulihkan menjadi ekosistem yang serupa dengan ekosistem aslinya. Sebagai contoh adalah lahan terbuka yang sebagian ditumbuhi rumput dan semak-semak dan lahan yang digarap penduduk di Resort Nagrak, TNGGP, telah dipulihkan oleh TNGGP dan Conservation International Indonesia (CI Indonesia) menjadi hutan pegunungan muda dengan kandungan fauna yang cukup kaya, seperti dilaporkan oleh Ario dkk. (2020). Dikemukakan bahwa CI Indonesia dan TNGGP telah melaksanakan restorasi ekosistem di area perluasan seluas 300 ha di Resort Nagrak sejak tahun 2008 dengan menanam sebanyak 120.000 pohon di lahan terbuka. Sebanyak delapan spesies asli TNGGP ditanam di lahan terbuka tersebut dan terdiri atas spesies *Alstonia scholaris* (10.000 pohon), *Altingia excelsa* (9.000), *Elaeocarpus pierrei* (15.000), *Eugenia clavimyrthus* (16.400), *Magnolia blumei* (41.700), *Schima wallichii* (5.200), *Syzygium rostratum* (2200), dan *Toona sureni* (20.500). Setelah 10 tahun, pada tahun 2018, kawasan tersebut telah kembali menjadi hutan tertutup, yang mampu menyediakan berbagai jasa ekosistem dan menjadi habitat satwa liar. Tidak dilaporkan data tentang diameter dan tinggi pohon pada tahun 2008 dan pada waktu pencatatan kembali pada tahun 2019 sehingga laju pertumbuhan pohon tidak diketahui. Seperti dikemukakan dalam bab tentang fauna di atas, studi pendahuluan pada 2018 mencatat sebanyak 33 jenis burung. Selain itu, dicatat juga kehadiran 10 jenis mamalia, yaitu macan tutul Jawa (*Panthera pardus melas*), kucing hutan (*Prionailurus bengalensis*), musang luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*), musang rase (*Viverricula indica*), garangan Jawa (*Hervestes javanicus*), kijang (*Muntiacus muntjac*), monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*), landak jawa (*Hystrix javanicus*), babi hutan (*Sus scrofa*), dan tikus liar Malaya (*Rattus tiomanicus*).

Di sekitar TNGGP terdapat hutan produksi yang berupa hutan tanaman milik Perhutani, yang kemudian diserahkan kepada TNGGP sebagai perluasan kawasan konservasi. Di antara hutan

tanaman tersebut terdapat hutan tanaman jenis asli G. Gede-Pangrango, rasamala (*Altingia excelsa*), di Resort Bodogol (Gambar 9), yang ditanam sebelum Perang Dunia II (Sadili & Alhamd, 2012), jadi pada tahun 2021 sudah berumur lebih dari 80 tahun. Fisiognomi hutan tanaman ini sudah menyerupai hutan alami di sebelahnya. Penelitian Sadili dan Alhamd (2012) pada petak 1 ha mencatat 585 pohon per ha yang termasuk 117 jenis dan 44 suku. Data 10 spesies pohon utama menurut NK (nilai kepentingan = *importance value*) ditampilkan di Tabel 25.

Tabel 25. Data 10 Spesies Pohon Utama Menurut Nilai Kepentingan di Hutan Tanaman yang Sudah Menjadi Perluasan Kawasan Konservasi di Resort Bodogol

Jenis	Nilai Kepentingan (%)
<i>Altingia excelsa</i>	108,19
<i>Villebrunea rubescens</i>	17,75
<i>Macaranga semiglobosa</i>	16,40
<i>Turpinia sphaerocarpa</i>	8,69
<i>Dendrocnide stimulans</i>	6,11
<i>Pternandra azurea</i>	5,69
<i>Diospyros frutescens</i>	4,58
<i>Pometia pinnata</i>	4,29
<i>Arthrophyllum javanicum</i>	3,98
<i>Meliosma lanceolata</i>	3,00

Sumber: Sadili & Alhamd (2012)

Tampak bahwa setelah lebih dari 80 tahun jenis yang dominan masih *Altingia excelsa* yang ditanam dengan diameter 35–69 cm, tinggi < 15 m dan tajuk besar menyusun kanopi utama. Dua spesies dominan berikutnya adalah *Villebrunea rubescens* dan *Macaranga semiglobosa* yang merupakan spesies sekunder. Tujuh spesies utama lainnya adalah spesies pohon asli G. Gede-Pangrango dan belum menguasai tegakan dan secara struktural membentuk lapisan di bawah kanopi (*understory trees*). Spesies lain di bawah kanopi adalah spesies sekunder dengan kisaran diameter 5–56 cm dan paling banyak pada kelas diameter 5–10 cm.

Sadili (2014) menyatakan bahwa petak yang sama dijadikan petak permanen untuk memantau perkembangan vegetasi sejak 2008. Pemantauan pertama pada tahun 2009 menunjukkan ada penambahan jumlah populasi dan jumlah jenis, tetapi tidak signifikan. Tingkat mortalitas 1,20% dan natalitas 2,52% yang tergolong dalam kategori rendah. Luas bidang dasar tegakan bertambah dari 26,55 m²/ha pada tahun 2008 menjadi 27,34 m² pada tahun 2009. Total individu pohon pada tahun 2009 bertambah menjadi 595 individu terdiri dari 119 jenis dan 44 suku *Elaeocarpus petiolatus* (*Elaeocarpaceae*) dan *Planchonia valida* (*Lecythidaceae*) adalah spesies tambahan. Spesies dominan dan spesies utamanya masih dikuasai oleh *Altingia excelsa*. Tegakan ini masih terus beregenerasi dan akan terjadi pergantian spesies lebih banyak lagi oleh spesies asli menuju hutan klimaks yang serupa dengan hutan primer di sebelahnya tetapi akan didominasi oleh *Altingia excelsa*. Proses suksesi untuk mencapai klimaks ini tampaknya akan lama sekali mungkin lebih dari 100 tahun lagi seperti diprediksi Riswan (1982) untuk hutan Dipterocarpaceae di Kalimantan Timur. Proses restorasi dapat dipercepat dengan intervensi penanaman pohon-pohon besar spesies asli G. Gede-Pangrango, seperti *Acer laurinum*, *Castanopsis acuminatissima*, *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, *Castanopsis tungurrut*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Elaeocarpus pierrei*, *Engelhardtia spicata*, *Eugenia clavimyrtus*, *Lithocarpus rotundatus*, *Lithocarpus sundaicus*, *Lithocarpus kunstleri*, *Magnolia blumei*, *Magnolia sumatrana* var. *glauca*, *Phyllocladus hypophyllus*, *Polyosma illicifolia*, *Quercus gemmeliflora*, *Quercus lineata*, *Quercus oidocarpa*, *Quercus teysmannii*, *Rapanea hasseltii*, *Schima wallichii*, *Syzygium rostratum* *Prunus arborea*, *Toona sureni*, *Turpinia pomifera*, dsb.

Balai Besar TNGGP juga sudah sudah melaksanakan restorasi di ratusan hektare dan penanaman ribuan pohon, termasuk pengayaan di semua resort dengan berbagai mekanisme penanaman sendiri, kerja sama dengan masyarakat swasta, perusahaan, TNI, instansi pemerintah, tetapi spesies yang ditanam terbatas pada alpukat (*Persea americana*), huru (*Neolitsea* spp.), kisireum (*Syzygium rostratum*), manglid (*Magnolia blumei*), puspa (*Schima wallichii*), rasamala (*Altingia excelsa*), salam (*Eugenia clavimyrtus*), suren (*Toona sureni*),

(Adison, 2017). Satu di antara spesies tersebut yaitu alpukat bukan asli G. Gede-Pangrango dan Indonesia. Untuk restorasi selanjutnya diharapkan BBTNGGP menanam lebih banyak spesies asli G. Gede-Pangrango, termasuk spesies yang disarankan untuk percepatan restorasi pada alinea sebelum ini.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BAB VIII

BIOLOGI TUMBUHAN

A. Fenologi

Fenologi adalah ilmu tentang fenomena atau gejala perubahan ekologi periodik menurut skala waktu musiman atau menurut jangka waktu selama beberapa tahun (Desmukh, 1992). Gejala ini diperkirakan berkorelasi dengan daur iklim tahunan. Perubahan-perubahan yang khusus ini terjadi nyata sekali di daerah beriklim sedang dan dingin, tetapi di daerah tropik, perubahan tersebut tidak terjadi atau terjadi namun kurang nyata. Di daerah tropik, permusiman curah hujan adalah hal yang jauh lebih menonjol, bahkan di hutan yang terbasah sekali pun dengan hujan yang berlimpah sepanjang tahun masih banyak organisme yang memperlihatkan pola-pola fenologi. Richards (1996) mengemukakan bahwa dalam hutan tropik yang selalu hijau dan basah sepanjang tahun, pada suatu waktu dalam satu tahun, pohon-pohon dari beberapa spesies atau individu-individu tunggal tampak menonjol karena meranggas yang kemudian tertutup daun-daun muda berwarna cerah. Sering pula ditemukan bahwa perilaku berbunga dan berbuah di antara individu-individu dalam satu spesies tidak sinkron. Selalu ada pohon-pohon yang berbunga, tetapi pohon-pohon tersebut lebih melimpah pada bulan-bulan tertentu.

Berbagai spesies tumbuhan mempunyai masa bertunas (munculnya daun muda) berbunga, dan berbuah berkala yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti individu dalam spesies, elevasi, topografi, dan iklim (Steenis dkk., 1972, 2006; Richards, 1996; Whitmore, 1986). Sementara itu, irama internal yang merupakan sifat bawaan menentukan juga (Holtum, 1940). Faktor utama yang memengaruhi perbungaan adalah iklim, yang bervariasi dari tahun ke tahun dan masa berbunga lazimnya hanya berlangsung beberapa bulan berturut-turut.

Manusia yang tinggal di dalam dan sekitar hutan dan yang mengenal hutan dari dekat mengetahui bahwa sebagian besar spesies dalam hutan berbunga dan berbuah secara berkala pada masa-masa tertentu, dan hanya sebagian kecil saja yang berbunga dan berbuah sepanjang tahun. Kita kenal bahwa musim buah asli Indonesia, termasuk duku, durian, kemang, lengkung, manggis, mangga, rambai, dan rambutan, baik yang tumbuh di hutan maupun yang ditanam, terjadi hanya pada bulan-bulan tertentu. Demikian pula spesies pohon buah-sayur, seperti petai dan jengkol, hanya berbunga dan berbuah pada masa tertentu, tidak sepanjang tahun.

Hutan yang terbasah sekalipun mengalami kekurangan air dalam masa pendek yang tidak tampak dari data curah hujan tahunan rata-rata. Di puncak G. Pangrango, curah hujan bulanan rata-rata pada diagram iklim Walter (Gambar 3.1A) menunjukkan bahwa setiap tahun terjadi masa kering pada bulan Juli–Agustus. Situasi yang sama terjadi juga di Kandang Badak (Gambar 3.2) yang menunjukkan masa kering pada bulan Juli–Agustus. Bila Gambar 3 ditelaah, tampak bahwa pola curah hujan bulanan rata-rata pada bulan April–November di berbagai perkebunan di sekitar TNGGP rendah, dan nilai terendah terjadi pada bulan Juli–Agustus.

Steenis (1972, 2006) mengemukakan bahwa sepanjang Juli–September 1914, curah hujan total di puncak G. Pangrango pada elevasi 3.015 m adalah 13 mm, tetapi pada tahun 1921 selama tiga bulan, curah hujan total adalah 460 mm. Kondisi sangat kering pernah terjadi sepanjang tahun 1913 dengan curah hujan total di puncak G. Pangrango hanya 1.979 mm, sedangkan sepanjang tahun 1916

dan 1917 tercatat curah hujan lebih dari 4.000 mm. Demikian pula di KRC, curah hujan tahunan rata-rata adalah 3.313 mm dengan sebaran yang relatif tidak merata sepanjang tahun (Gambar 3, Tabel 2). Hujan bulanan rata-rata berkisar dari 118 mm sampai 418 mm dan jumlah hari hujan berkisar dari 9,5–24,5 hari. Bulan terkering terjadi pada bulan Agustus dengan curah hujan 118 mm. Kekeringan yang lebih parah dapat saja terjadi di Cibodas. Pada masa kekeringan selama beberapa hari saja tidak mengherankan ditemukan serasah kering dan daun-daun yang layu. Dalam hutan basah seperti itu, beberapa ritme terkait dengan pola curah hujan, tetapi puncak dari perilaku tumbuhan tidak terlalu nyata dibanding dengan di hutan musim, yang menunjukkan variasi yang besar dari tahun ke tahun.

1. Fenologi Daun

Dalam ekosistem tropik, faktor iklim bervariasi menurut musim. Dari segi ekologi aspek yang paling penting adalah variasi ketersediaan air untuk tumbuhan, khususnya air dalam tanah. Reaksi tumbuhan terhadap variasi ini diekspresikan dalam bentuk kegiatan musiman, termasuk gugur daun, perbungaan, dan perbuahan. Gejala ini memengaruhi ketersediaan pakan hewan sehingga kegiatan hewan pun mengikuti pola musiman.

Dapat kita lihat bahwa dalam hutan hujan tropik dan terutama dalam hutan musim tropik terjadi proses perubahan daun yang berupa produksi daun, pemebaran kuncup menjadi daun, dan gugur daun pada masa-masa tertentu. Pertumbuhan daun dapat terjadi secara menerus seperti pada tumbuhan monokotil atau terputus-putus seperti pada spesies-spesies berdaun lebar (Richards, 1996; Whitmore, 1986). Sifat pengguguran daun serentak (*deciduous*) sehingga pohon meranggas merupakan modifikasi pertumbuhan terputus-putus. Pada sebagian besar pohon-pohon dewasa pergantian daun terjadi dan dalam hal ini produksi daun baru secara serentak terkait dengan pengguguran daun serentak sebelumnya (Longman & Jenik, 1987). Pengguguran daun serentak dapat terjadi sebelum, bersamaan atau sesudah pertumbuhan daun serentak (Whitmore, 1986). Pada beberapa spesies, pertumbuhan terputus-putus terkait

dengan perlindungan daun muda pada ujung ranting, yang terjepit dua pangkal tangkai daun yang pipih (*Garcinia*) atau daun penumpu (*Magnolia*) atau sisik daun (*Altingia*), tetapi pada sebagian besar spesies tumbuhan hutan hujan ujung ranting telanjang (Whitmore, 1986).

Pertumbuhan kuncup pada ujung ranting atau pada posisi lateral akan mulai setelah lama tidak aktif dan ditandai oleh pemanjangan daun-daun kecil dan mungkin juga pertumbuhan ini didahului oleh pembesaran sisik-sisik kuncup bila ada (Longman & Jenik 1987). Tahap berikutnya adalah pertumbuhan serentak dan cepat (*flushing*) yang meliputi pelebaran daun dan pemanjangan ruas-ruas ranting, yang pada spesies-spesies tertentu merupakan ciri khas yang menakjubkan. *Altingia excelsa*, *Lithocarpus blumeanus*, *Quercus lineata*, *Schima wallichii*, dan *Syzygium* spp. adalah beberapa contoh spesies pohon hutan pegunungan yang biasa menunjukkan pertumbuhan daun cepat. Di kawasan tropik yang beriklim sama sepanjang tahun, pertumbuhan cepat ini terjadi sepanjang masa secara teratur, sedangkan di daerah-daerah yang beriklim monsun (musim basah diikuti musim kering) pertumbuhan cepat pada umumnya terjadi pada musim basah. Pengamatan Coster (1923) di Tuban, Jawa Timur, menunjukkan bahwa pertumbuhan cepat dua kali lebih banyak pada bulan November dibandingkan pada bulan Juni dan Juli.

Pada masa-masa tertentu di berbagai hutan pamah dapat terlihat kanopi atas hutan dihiasi warna merah jambu, yang disebabkan oleh pertumbuhan daun serentak, seperti pada *Elaterospermum tapos*, *Saracca* spp., (Burgess, 1969; Whitmore, 1973) dan berbagai spesies mangga (*Mangifera* spp.) namnam dan kerabatnya (*Cynometra cauliflora*, *Cynometra mannii*, *Cynometra ramiflora*, dan lainnya), pohon saptungan (*Amhertsia* spp., *Brownea* spp. dan lainnya) dan spesies-spesies jambu (*Syzygium* spp.). Pada masa lain, kanopi dihiasi daun muda berwarna hijau muda atau kuning-putih dan bahkan ada yang biru. Gejala tersebut terjadi juga pada spesies-spesies pasang (*Quercus*) di hutan pegunungan dan hutan pamah di kawasan Malesia.

Pada *Mangifera indica* sering kita lihat pertumbuhan daun muda serentak pada satu tajuk pohon tidak sinkron dan simultan sehingga

tampak seperti mosaik. Sementara itu, pada *Lithocarpus blumeanus* produksi daun muda serentak terjadi beberapa kali dalam setahun, sedangkan pada *Syzygium polyanthum* produksi daun muda terjadi menerus.

a. Gugur daun, produksi serasah, dan potensi cadangan karbon

Hutan tropik yang penampilannya megah dan besar dengan pertumbuhannya yang subur diperkirakan berkembang pada tanah hutan dengan kandungan hara tinggi. Situasi umum yang sebenarnya adalah bahwa biomassa tegakan hutan tropik (daun, bunga buah, ranting, cabang, dan seluruh pohon) menyimpan hara dalam jumlah yang lebih besar daripada tanah. Hara baru dilepaskan apabila hutan ditebang dan dibakar untuk pertanian (Hardy, 1936; Walter, 1936; Richards, 1996; Barney, 1980). Meskipun demikian, terdapat pula pengecualian bahwa di beberapa hutan terdapat fenomena yang sebaliknya bahwa sebagian besar hara anorganik terdapat di lantai hutan dan tanah (Whitmore, 1986).

Pengguguran merupakan mekanisme pemasukan utama hara ke dalam tanah hutan lapisan atas melalui proses dekomposisi. Pengguguran bervariasi besar sesuai dengan lokasi, iklim, dan spesies. Hubungan antara serasah dan status hara dalam tanah tidak dapat digeneralisasikan. Dekomposisi serasah bukan satu-satunya sumber hara terlarut dalam tanah. Hujan menyumbangkan unsur-unsur mineral cukup besar; hujan melarutkan hara dari tajuk pohon sehingga meningkatkan kandungan total hara yang mencapai tanah.

Pengguguran daun dan pembentukan daun muda terjadi setiap saat dan menerus, tetapi umumnya pada banyak spesies musiman dan terdapat periode maksimum (Richards, 1996), sebagai tanggapan terhadap kekeringan yang tidak keras seperti tampak curah hujan bulanan yang relatif rendah meskipun masih di atas 100 mm di berbagai perkebunan di sekitar TNGGP (Gambar 3).

Dalam hutan hujan tropik dan terutama dalam hutan musim, dedaunan mengalami proses perubahan, yaitu proses produksi daun, pemekaran kuncup, dan pengguguran daun pada masa-masa tertentu. Seperti telah dikemukakan sebelumnya, pertumbuhan



daun dapat berlangsung secara terus-menerus atau terputus-putus (Whitmore, 1986). Pengguguran daun serentak (*deciduous*) sehingga pohon meranggas merupakan modifikasi pertumbuhan terputus-putus. Pengguguran daun serentak dapat terjadi sebelum, bersamaan, atau sesudah pertumbuhan daun serentak. Pada sebagian besar pohon-pohon dewasa, pergantian daun yang berupa produksi daun baru secara serentak terkait dengan pengguguran daun serentak sebelumnya (Longman & Jenik, 1974; Richards, 1996). Produksi dan pengguguran daun serentak terkait dengan kekurangan air, tetapi hubungan ini tidak sederhana karena dalam proses itu terlibat juga pengendalian internal, yang disebut jam biologi (Ng, 1980). Periode kering merangsang pertumbuhan daun serentak (*leaf flushing*) (Ng, 1981). Pengguguran daun maksimum terjadi pada waktu evapotranspirasi melebihi curah hujan dan pada saat itu pohon-pohon menggunakan simpanan air tanah (Koelmeyer, 1959, 1960; Coster, 1923). Faktor hujan berperan sekali, terutama pada tanaman budi daya, tetapi pada pohon hutan tidak selalu demikian karena terdapat faktor lain yang berpengaruh. Pada beberapa spesies pohon, kuncup tumbuh pada awal dan akhir masa istirahat. Tampaknya pada spesies ini terdapat periode dormansi sejati seperti di daerah iklim dingin, yang pada periode itu kuncup daun tidak akan tumbuh meskipun kondisi lingkungan baik untuk pertumbuhan (Longman & Jenik, 1987). Di hutan pegunungan Gede-Pangrango hanya ada satu spesies pohon penggugur daun sejati, yaitu *Acer laurinum* yang meranggas sebentar saja dan pengguguran daun ini terkait dengan curah hujan (Steenis, 1972, 2006).

Pengguguran daun serentak pada berbagai spesies mengakibatkan pohon-pohon meranggas dan tidak terjadi di semua tempat tetapi terjadi secara lokal. Spesies-spesies ini tumbuh di hutan pamah malar hijau dalam kawasan yang iklimnya tidak mengalami masa kering dan kapan saja dapat menggugurkan daun, seperti sering terlihat pada *Pterocarpus indicus* (angsana). Sering juga ditemukan pohon-pohon berbunga dan berbuah sewaktu masih meranggas (Whitmore, 1986), seperti terlihat pada *Cassia javanica*, *Ceiba pentandra*, *Delonix regia*, *Firmiana malayana*, *Lagerstroemia speciosa* *Roseodendron donnell-smithii*, dan *Sterculia foetida*. Holttum (dikutip

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Richards, 1996) merekam *Parkia roxburghii*, *Cratoxylum polyanthum*, dan *Tamarindus indica* menggugurkan daun dan disusul oleh produksi daun muda setahun sekali, sedangkan *Delonix regia* setiap sembilan bulan sekali, serta *Terminalia catappa* dan *Peltophorum pterocarpum* setiap enam bulan sekali. Namun, pengamatan pribadi di Bogor menunjukkan *Peltophorum pterocarpum* menggugurkan daun yang disusul oleh produksi daun muda dan kemudian bunga yang lebat setahun sekali.

Penjelasan terkait pohon-pohon tropik menggugurkan daun pada waktu-waktu tertentu dan saat daun baru tumbuh pada waktu lain dijabarkan oleh Janzen (1975) bahwa pengguguran daun merupakan tanggapan terhadap: (a) perlindungan yang meningkat yang terkait dengan kompetisi di dalam dan antara tajuk pohon; (b) kerusakan yang diakibatkan oleh herbivor, angin atau bagian pohon yang jatuh; dan (c) cuaca kering. Dalam habitat tropik malar hijau, cahaya yang jatuh pada daun berkurang bila daun di atasnya dari tajuk yang sama atau tajuk dari pohon lain bertambah lebih banyak. Daun yang ternaungi gugur karena kalah dalam persaingan untuk memperoleh cahaya. Gejala seperti ini mudah dilihat pada vegetasi suksesi awal. Pada proses suksesi awal ini kuantitas dan intensitas cahaya luar biasa tinggi sehingga pertumbuhan vertikal terjadi sangat cepat, tetapi daun-daun akan berguguran segera setelah ternaungi.

Secara ekologi, pengguguran daun ini berarti mengurangi kehilangan air. Sering kali dalam hutan tropik malar hijau terjadi pengguguran daun yang diikuti dengan penggantian dengan daun muda, meskipun tidak ada alasan fisiologi yang menyolok bagi pohon dewasa untuk menggugurkan daun dan menggantinya dengan daun muda. Banyak pohon-pohon yang berperilaku seperti itu. Janzen (1975) menyatakan bahwa sinkronisasi dari seluruh tajuk dan seluruh populasi serta perlindungan mendadak terhadap daun dalam satu rumpun dan dalam satu tajuk, merupakan cara untuk menghindari dari serangan herbivor. Kalau tidak demikian, populasi herbivor dapat dengan mudah terbentuk dengan memanfaatkan daun baru bila daun ini diproduksi dengan laju hanya beberapa lembar daun per hari dalam jangka waktu panjang. Mungkin juga terjadi bahwa



penggantian daun pada tajuk yang telah mantap diperlukan karena terjadi akumulasi herbivor dan kerusakan oleh angin.

Yamada (1976b) adalah orang yang pertama meneliti produksi serasah di hutan pegunungan dengan *Schima wallichii* (Dominasi Relative-DR = 25,12%) dan *Castanopsis javanica* (DR = 21,01%) sebagai spesies kodominan pada elevasi 1.550 m di hutan Cibodas, TNGGP-CBC. Ia mencatat bahwa produksi serasah yang termasuk daun, ranting, dan bunga buah, dalam hutan ini adalah 5,96 ton/ha/tahun dan mengatakan bahwa untuk hutan tropik, nilai ini termasuk rendah, tetapi sebanding dengan nilai di hutan *Castanopsis cuspidata* beriklim dingin di Jepang, yaitu 5,5–6,7 ton/ha/tahun. Produksi serasah di hutan Cibodas lebih kecil daripada nilai di hutan pegunungan *Araucaria hunsteinii* di Papua Nugini (Enright, 1978), yang mencapai 8,7 ton/ha/thn. Perubahan musiman tampak nyata dan produksi serasah yang tinggi terjadi baik pada musim kemarau maupun musim hujan. Tercatat 53 spesies pohon yang memproduksi daun secara teratur dan serasah paling banyak dihasilkan secara berturut-turut oleh *Platea latifolia*, *Castanopsis javanica*, *Vernonia arborea*, *Prunus arboreus*, *Schima wallichii*, dan *Persea rimosa*.

Rahajoe dkk. (2007) meneliti serasah di hutan pamah spesies kodominan *Neonauclea lanceolata* dan *Dysoxylum* sp. pada elevasi 822 m, yang berbatasan dengan hutan pegunungan di Bodogol. Dari pengamatan selama 20 bulan, mereka mencatat bahwa total gugur serasah atau jatuhnya serasah (*litterfall*) adalah sekitar 10 ton/ha, yang sebagian besar terdiri atas daun, kemudian diikuti ranting, serta bagian reproduksi tumbuhan dan batang. Total jatuhnya serasah meningkat selama musim hujan. Namun, gugur daun tertinggi spesies dominan (*Neonauclea lanceolata*, *Maesopsis eminii*, dan *Schima wallichii*) terjadi pada pertengahan musim kemarau, yaitu bulan Juli. Hasil estimasi penurunan berat serasah dengan menggunakan kantong serasah diperoleh bahwa tingkat dekomposisinya adalah $k = 0,0013$ per hari. Selama proses dekomposisi terlihat bahwa terjadi penurunan beberapa unsur hara seperti pada unsur kalium, sedangkan untuk unsur nitrogen dan phosphor meningkat. Rahayoe dkk. (2013) di tempat yang sama mengukur potensi karbon di hutan

ini dan menyimpulkan bahwa potensi cadangan karbon di seluruh TNGGP, termasuk hutan tanaman, adalah 2.7132,2 G ton C.

Penelitian Widyatmoko dkk. (2013) yang komprehensif tentang cadangan karbon dan biomassa dilakukan di 26 lokasi hutan alami dalam TNGGP di sepanjang landaian elevasi dari 1.100 mdpl sampai 3.044 mdpl. Selain itu, penelitian juga dilakukan di Kebun Raya Cibodas, perkebunan teh, dan kawasan agropolitan (pertanian) di luar TNGGP tetapi masih di dalam Cagar Biosfer Cibodas (CBC). Penelitian ini bertujuan menghitung stok karbon tersimpan dan menaksir biomassa untuk membangun basis data stok karbon dan taksiran biomassa di empat tipe ekosistem tersebut di atas. Di hutan alami stok karbon berkisar dari 383,94 ton C/ha sampai 1.447,22 ton C/ha dengan nilai rata-rata sebesar 359,88 ton C/ha. Tidak tampak korelasi antara elevasi dan stok karbon tersimpan dan antara elevasi dan taksiran biomassa. Nilai tertinggi stok karbon sebesar 665,72 ton C/ha dan taksiran biomassa sebesar 1,447.22 ton/ha tercatat pada elevasi 2.843 mdpl, sedangkan nilai terendah stok karbon sebesar 178,45 ton C/ha dan taksiran biomassa 387,94 pada elevasi 1.039 mdpl. Spesies dominan yang mencapai stok C tertinggi adalah *Altingia excelsa*, *Castanopsis acuminatissima*, *Leptospermum javanicum*, *Myrsine hasseltii*, *Schima wallichii*, dan *Vaccinium variangiaefolium*, yang merupakan spesies potensial untuk digunakan dalam restorasi atau rehabilitasi hutan pegunungan. Dikemukakan bahwa hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa CBC merupakan rosot karbon (*carbon sink*) yang penting yang dapat dijadikan tapak dalam program *Madrid Action Plan* UNESCO tentang perubahan iklim. Selain itu tipe-tipe ekosistem di CBC mempunyai kapasitas sekuestrasi gas rumah kaca dan berfungsi sebagai stok karbon sehingga dapat berperan penting dalam penanganan perubahan iklim di Indonesia.

2. Fenologi bunga

Data lengkap yang tersedia tentang biologi bunga di G. Gede-Pangrango hanya terdapat dalam Docters van Leeuwen (1933), yang seizin *Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen*

(KNAW) (2021) banyak dikutip dengan bebas, Steenis dkk. (1972, 2006), dan ditambah dengan informasi dari sumber lain.

Fase kritis pertama dalam perkembangbiakan tumbuhan adalah konversi ujung ranting dari organ vegetatif menjadi organ reproduktif. Perkembangan bunga dapat berlangsung menerus tanpa istirahat sejak inisiasi sampai mekarnya bunga-bunga seperti pada *Hibiscus* (kembang sepatu dan waru), tetapi dapat juga inisial bunga dorman untuk jangka waktu lama, seperti pada beberapa spesies *Eucalyptus*, yang inisial bunganya dorman sampai 2,5 tahun (Longman & Jenik 1987).

Faktor utama yang memengaruhi perbungaan adalah iklim, yang berbeda dari tahun ke tahun. Masa berbunga lazimnya hanya berlangsung beberapa bulan berturut-turut. *Aeschynanthes radicans*, misalnya, banyak tumbuh dalam hutan di belakang KRC, tetapi pada bulan Juli 1939, Steenis dkk. (1972, 2006) memerlukan waktu lama sekali untuk memperoleh beberapa kuntum bunga yang mekar.

Data fenologi sering dikumpulkan dari catatan dalam etiket atau label spesimen herbarium yang berbunga, tetapi data seperti ini tidak menerus, karena ada kalanya bulan-bulan tertentu tidak terwakili oleh spesimen herbarium sehingga untuk menentukan masa berbunga dibuat ekstrapolasi. Cara seperti ini kurang dapat diandalkan karena data dari kawasan yang tidak homogen seperti di pegunungan kondisi lingkungan dapat berbeda sehingga data musim berbunga pun dapat berbeda meskipun dalam satu daerah. Oleh karena itu, untuk memperoleh data yang terpercaya perlu dibuat pengamatan menerus untuk suatu periode tertentu. Docters van Leeuwen (1933) melakukan penelitian jangka panjang dan mengamati pembungaan 32 spesies selama delapan tahun (1920–1928) di puncak G. Gede-Pangrango. Ia membuat pertelaan tentang taksonomi, ekologi, fenologi, dan penyerbukan untuk setiap spesies yang terdapat di daerah puncak G. Gede-Pangrango. Selain itu, ia membuat skor angka jumlah tumbuhan yang berbunga sebagai berikut: 0–tidak ada yang berbunga, 1–sedikit, 2–agak banyak, dan 3–banyak. Tabel 26 dan Gambar 54 adalah ringkasan dari pengamatan tersebut dan hanya dipilih 19 spesies yang umum terdapat. Ia menyatakan bahwa,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pada umumnya dalam suatu kawasan, masa berbunga itu berkala dan lazimnya mempunyai satu masa utama setiap tahun. Selanjutnya ia mencatat bahwa semakin terbatas kawasan pengamatan, pola masa berbunga akan semakin teratur, seperti terlihat dalam Tabel 26 dan Gambar 54. Angka-angka dalam tabel menunjukkan bahwa beberapa spesies berbunga sepanjang tahun atau hampir sepanjang tahun dan hanya sedikit sekali yang menunjukkan puncak nyata tanpa masa berbunga dalam bulan-bulan lain. Tidak ada aturan baku tentang masa berbunga berkala dan setiap spesies mempunyai pola sendiri (Steenis dkk., 1972, 2006).

Berdasarkan Tabel 26 Docters Van Leeuwen (1933) menyimpulkan bahwa setiap spesies mempunyai masa berbunga sendiri, yaitu suatu masa ketika individu-individu masing-masing spesies berbunga dalam jumlah terbesar, yang disebut masa berbunga utama. Terkait dengan iklim dan cuaca ia mengelompokkan spesies menjadi empat kelompok menurut masa berbunga utama sebagai berikut:

- a) Kelompok tumbuhan yang tidak peduli dengan perubahan cuaca. Kelompok ini mencakup spesies terna yang berbunga dengan frekuensi yang hampir sama sepanjang tahun, tetapi kadang-kadang pembungaan menurun pada musim kemarau, yaitu bulan Agustus sampai Oktober, terutama September. Spesies dalam kelompok ini adalah tumbuhan yang terdapat di bawah naungan dan juga tumbuh ditempat terbuka yang dipengaruhi kuat oleh perubahan cuaca, seperti *Persicaria chinensis* dan *Ranunculus javanicus*.
- b) Kelompok tumbuhan yang masa berbunganya jatuh pada musim kemarau atau kebanyakan demikian. Kelompok ini terdiri atas sejumlah besar tumbuhan yang lamanya berbunga dan bulan terjadinya pembungaan berbeda satu dengan lainnya. *Anaphalis javanica* berbunga terutama pada bulan Juni dan Juli; *Hypericum leshenaultii* dari Mei sampai Agustus; *Leptospermum polygalifolium* pada bulan Mei dan Juni, *Vaccinium laurifolium* dan *Vaccinium varingiaefolium* berbunga terutama pada bulan Mei; *Swertia javanica* juga mempunyai masa berbunga pendek pada bulan Juni. *Thelymitra javanica* merupakan tumbuhan



transisi antara Kelompok II dan Kelompok III. Pembungaan mulai pada bulan Februari dan berkembang penuh dari Maret sampai Juni, tetapi tumbuhan masih berbunga pada bulan Juli dan Agustus.

- c) Kelompok tumbuhan yang masa berbunganya jatuh pada musim paling basah, serta bulan-bulan dan lamanya masa berbunga, yang satu dengan lainnya berbeda. *Plantago major* mulai berbunga pada bulan Agustus, tetapi masa berbunga utamanya baru mulai Oktober dan berlanjut sampai Januari dan sesudah itu menurun sampai berhenti berbunga. *Gentiana quadrifaria* dapat ditemukan berbunga sepanjang tahun, tetapi masa berbunga utamanya adalah dari Agustus sampai Februari, sedangkan dari Maret sampai Juli jumlah tumbuhan yang berbunga sedikit. Masa berbunga utama *Primula prolifera*, *Gaultheria nummularioides*, dan *Euryia acuminata* terjadi pada musim hujan dari bulan Desember sampai Februari, meskipun pada bulan-bulan lain masih tetap berbunga. Sementara itu *Symplocos cochinchinensis* var. *sessilifolia* praktis tidak berbunga dari Februari sampai September dan bunga baru muncul bulan Oktober dengan puncak masa berbunga bulan November sampai Januari.
- d) Kelompok tumbuhan yang hanya berbunga sedikit dari bulan Januari sampai Juli pada *Photinia integrifolia* dan November sampai Juli pada *Rhododendron javanicum*.

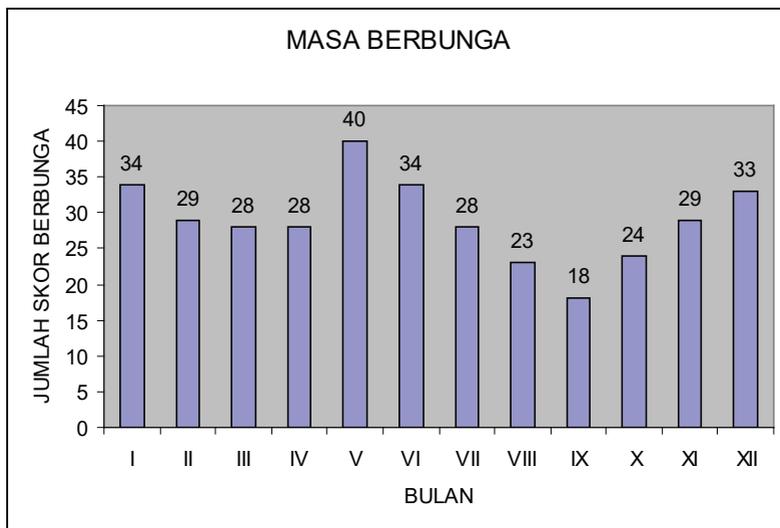
Tabel 26. Masa berbunga 19 spesies dengan skor angka kuantitas tumbuhan yang berbunga di puncak G. Pangrango.

No.	SPESIES	BULAN											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Kelompok I													
1	<i>Gaultheria leucocarpa</i>	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
2	<i>Lonicera javanica</i>	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2
3	<i>Persicaria chinensis</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
4	<i>Ranunculus javanicus</i>	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
Kelompok II													
<i>Anaphalis</i>													
5	<i>javanica</i>	0	0	1	1	2	3	3	1	0	0	0	0
6	<i>Hypericum leschenaultii</i>	1	1	1	1	3	3	3	2	1	1	1	1
7	<i>Leptospermum polygalifolium</i>	0	0	0	1	3	3	1	0	0	0	0	0
8	<i>Swertia javanica</i>	0	0	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0
9	<i>Thelymitra javanica</i>	0	2	3	3	3	3	1	1	0	0	0	0
10	<i>Vaccinium laurifolium</i>	0	0	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0
11	<i>Vaccinium varingiaefolium</i>	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1
Kelompok III													
12	<i>Eurya acuminata</i>	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3
13	<i>Gaultheria nummularioides</i>	3	3	3	2	2	0	0	1	1	2	2	3
14	<i>Gentiana quadrifaria</i>	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3
15	<i>Plantago major</i>	3	1	1	0	0	0	0	1	1	3	3	3
16	<i>Primula prolifera</i>	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3
17	<i>Symplocos cochinchinensis</i> var. <i>sessilifolia</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2
Kelompok IV													
18	<i>Photinia integrifolia</i>	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0
19	<i>Rhododendron javanicum</i>	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	1	1
JUMLAH SKOR BERBUNGA		34	29	28	28	40	34	28	23	18	24	29	33

Sumber: Disusun dengan izin berdasarkan data Docters van Leeuwen (1933)

Docters van Leeuwen (1933) menyatakan bahwa elevasi berpengaruh pada masa berbunga, seperti pada *Primula prolifera*, yang mulai berbunga lebih awal pada ketinggian 2.400 m daripada keting-

gian 3.000 m dan perbedaan waktunya kadang-kadang dapat lebih dari satu bulan. Gejala serupa terjadi pula pada *Carex*, *Thalictrum javanicum*, dan *Strobilanthes cernua*, tetapi Steenis dkk. (1972, 2006) tidak terkesan dengan gejala ini.



Sumber: Digambar ulang berdasarkan Tabel 13.1.3 dalam Docters van Leeuwen (1933)

Gambar 54. Masa Berbunga 19 Spesies Selama Satu Tahun di G. Pangrango

Steenis dkk. (1972, 2006) mencatat bahwa masa berbunga terjadi bertepatan dengan perubahan musim, khususnya musim kemarau yang merangsang pertumbuhan kuncup bunga. Pada elevasi tinggi warna kemerahan pada beberapa spesies pohon berkembang bersama-sama selama bulan-bulan kering. Tampak bahwa hutan tertutup semburat merah *Vaccinium varingiaefolium*, sementara warna-warna keunguan, kecokelatan, dan kehijauan merebak pada spesies pohon lain, seperti *Acer laurinum*, *Eurya acuminata*, *Pyrenaria serrata*, *Weinmannia blumei*, dan *Wightia borneensis*. Masa berbunga berkala yang khas terdapat pada *Wightia borneensis*, yang meluruhkan daunnya dan batangnya gundul selama Agustus–September, dan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

kemudian umumnya berbunga lebat pada bulan September. Masa berbunga pohon-pohon yang meranggas tidak selalu berkala dan diikuti oleh pembentukan semburatnya, tetapi dalam satu tahun dapat terjadi pada sebarang bulan. Sementara itu, hujan pertama setelah musim kemarau dapat juga merangsang kuncup bunga, seperti yang terjadi pada *Rhododendron*. Bulan Mei–Juni umumnya merupakan masa terbaik di seluruh Jawa, sedangkan September adalah masa yang paling tidak baik.

Hidayat dan Suhendri (2020) menelaah fenologi *Mischocarpus pentapetalus* (*Sapindaceae*), spesies buah yang berpotensi ekonomi di Kebun Raya Cibodas. Mereka menemukan bahwa curah hujan tinggi pada Oktober–Desember merangsang pertumbuhan bunga dan kemudian perbuahan. Masa panen terbaik adalah pada masa puncak berbuah pada Januari–April.

Cuaca dingin, misalnya yang diakibatkan badai hujan, memengaruhi pembungaan dan pematangan kuncup setelah beberapa hari (Coster, 1926). Di daerah elevasi rendah pengaruh ini tampak jelas pada anggrek merpati (*Dendrobium crumenatum*), kopi (*Coffea arabica* dan *Coffea robusta*), kemuning (*Murraya paniculata*), dsb., yang bermekaran lebat segera sesuai masa-masa dingin. Pengaruh ini tidak tampak pada tumbuhan gunung karena rangsangan seperti itu terjadi terlalu sering.

B. Penyerbukan

Whitmore (1986) menegaskan bahwa kanopi hutan tidak saja merupakan tempat untuk hidup hewan hutan tetapi juga ruang interaksi antara tumbuhan dan hewan, termasuk proses kompetisi dan koeksistensi yang rumit dan belum banyak ditelaah. Ini merupakan proses penting karena mempunyai implikasi kuat dalam proses evolusi yang terjadi dalam ekosistem hutan. Selanjutnya ditegaskan bahwa hewan, terutama sebagai konsumen, penyerbuk, pemencar buah dan pemakan biji, mungkin telah merangsang evolusi spesies tumbuhan hutan hujan tropik dan melalui ko-evolusi menspesiasikan dirinya. Kegiatan hewan dalam beberapa hal berperan pula dalam pengendalian kerapatan spesies pohon. Dalam kedua hal tersebut interaksi



antara tumbuhan dan hewan dapat menerangkan dua teka-teki besar di hutan tropik, yaitu (1) kekayaan spesies luar biasa, dan (2) banyak spesies berkerabat dekat yang sebarannya simpatrik mempunyai kerapatan rendah.

Di hutan pamah dan pegunungan perbungaan yang menyolok jarang terlihat, bunga-bunga sering tersembunyi di dalam tajuk pohon. Dengan peningkatan elevasi kekayaan spesies menurun, yang dibarengi juga dengan penurunan tinggi dan perawakan pohon, meskipun kerapatan meningkat (Whitmore, 1986) seperti terlihat di hutan subalpin di sekitar puncak G. Gede-Pangrango. Pada vegetasi subalpin dapat ditemukan berbagai bunga berwarna menyolok. Seperti dikemukakan dalam bab fenologi bunga, di kawasan subalpin ini dapat ditemukan tumbuhan berbunga sepanjang tahun, meskipun intensitas berbunganya tidak sama dari bulan ke bulan (Docters van Leeuwen, 1933).

Penyerbukan atau polinasi adalah proses yang menentukan kelangsungan hidup spesies tumbuhan yang bergantung kepada kehadiran agen penyerbuk, yang umumnya adalah hewan dan angin. Dalam hutan, hewan adalah penyerbuk utama. Bunga yang diserbuk hewan mempunyai karakter yang menarik hewan dan kemudian memberi hewan tersebut hadiah (*reward*) dan juga penangkal untuk mencegah eksploitasi berlebihan (Baker, 1978). Dalam hal ini terjadi kombinasi berulang dari konstruksi, bentuk, ukuran, dan bau yang secara kolektif disebut *sindrom*, yang berkaitan dengan kunjungan kelompok hewan tertentu. Baker (1978) menyebutkan bahwa hadiah ini terutama berupa pembangun tubuh atau sumber daya energi. Dalam penyerbukan, serbuk sari itu merupakan sumber protein dan nektar sumber asam amino serta gula dan lipid penghasil energi. Antioksidan, yang sering kali berupa vitamin C, juga bisa dihasilkan. Sejumlah kecil nektar mengandung glikosida, alkaloid, atau senyawa fenolik yang dianggap sebagai penangkal perampok.

Steenis dkk. (1972, 2006) membuat uraian pendek tetapi kritis mengenai penyerbukan dan menambahkan bahwa konsep Faegri dan Pijl (1966) mengenai pengelompokan bunga menurut sindrom tidak berlandaskan eksperimen. Meskipun demikian, dapat dikenal

kelompok bunga yang diserbuk oleh kelelawar, ngengat, kupu-kupu, lebah, lalat, penyengat, dan burung. Evolusi telah menghasilkan mekanisme penyerbukan dengan presisi yang tinggi, keterjangkauan serbuk sari dan nektar hanya bagi sekelompok kecil pengunjung (Whitmore, 1986).

Docters van Leeuwen (1933) menelaah selama beberapa tahun dan menguraikan hasil pengamatannya di G. Gede-Pangrango secara terinci, termasuk pertelaan tumbuhan yang terdapat di elevasi tertinggi dua gunung tersebut lengkap dengan uraian masa berbunga dan penyerbukan setiap spesies. Uraian pendek tentang penyerbukan tumbuhan di daerah subalpin di bawah ini diambil dari tulisan tersebut. Tabel 27 adalah rekaman tentang beberapa spesies tumbuhan pegunungan dengan hewan pengunjungnya, yang merupakan ringkasan dari pengamatan tersebut. Pada elevasi tinggi, interaksi antara serangga dan tumbuhan dalam proses penyerbukan tidak terlalu akrab. Suhu rendah dan kabut merupakan faktor yang memengaruhi aktivitas serangga. Ia menemukan bahwa di G. Pangrango tidak terdapat serangga penyerbuk yang lazim ditemukan pada elevasi yang lebih rendah.

Di kawasan elevasi tertinggi G. Gede- Pangrango, ia mencatat 152 spesies asli yang tumbuh di atas elevasi 2.400 mdpl dan 22 di antaranya (14,5%) adalah tumbuhan yang diserbuk oleh angin atau tumbuhan anemofili. Di puncak G. Pangrango sendiri terdapat 57 spesies dan 11 di antaranya (19,3%) adalah tumbuhan anemofili. Persentase tumbuhan anemofili di sini lebih kecil daripada persentase di gunung-gunung lain di Pulau Jawa.

Di sekitar Kandang Badak tumbuhan anemofili mencapai 11%, sedangkan dalam hutan di puncak G. Pangrango hanya 10,4%. Bunga pohon-pohon di daerah puncak diserbuk oleh hewan, kecuali *Dacrycarpus imbricatus*, *Rapanea avenis*, dan *Myrica javanica*, yang bunganya diserbuk oleh angin. Tingginya persentase tumbuhan anemofili tidak terkait dengan elevasi, tetapi dengan kehadiran spesies rumput di tempat terbuka dan spesies *Urticaceae* (*Cypholophus lutescens*, *Elastostema pedunculatum*, dan *Pilea melastomoides*), *Fagaceae* (*Lithocarpus pallidus* dan *Lithocarpus. elegans*), *Ranunculaceae* (*Thalictrum javanicum*), *Haloragaceae* (*Laurembergia coccinea*).



Steenis dkk. (1972, 2006) menyatakan bahwa rumput-rumputan lazimnya diserbuk oleh angin, tetapi banyak spesies rumput di Jawa di kunjungi serangga dan tidak sedikit pula yang menyerbuk sendiri, seperti *Ehrharta stipoides*. Selanjutnya dikatakan bahwa generalisasi itu berbahaya karena dalam suatu marga sekalipun perilaku spesies berbeda, misalnya angin sering dikatakan sebagai penyerbuk bunga-bunga pada spesies-spesies pohon yang perbungaannya berupa untai, seperti spesies-spesies *Lithocarpus* dan *Castanopsis*. Namun, ternyata bunga-bunga spesies ini mengeluarkan bau tidak sedap (bau sperma) yang menarik kumbang dan lalat. Diperkirakan juga bahwa *Altingia*, *Dacrycarpus*, *Daphniphyllum*, *Distylium*, *Dodonaea*, *Engelhardia*, *Gunnera*, *Harmsiopanax*, *Laurembergia*, *Myrica*, dan *Myrsine* diserbuk oleh angin. Palem juga sering digolongkan sebagai tumbuhan yang diserbuk oleh angin (Baker & Hurd, 1968), tetapi pengamat lain menyanggahnya.

Secara umum, Docters van Leeuwen (1933) berpendapat bahwa di daerah tinggi G. Gede-Pangrango semua tumbuhan yang tidak diserbuk angin, diserbuk oleh serangga. Di pegunungan tinggi terdapat bunga yang dikunjungi burung, tetapi juga menarik serangga, seperti *Scurrula lepidota* (*Loranthaceae*). Ia menyatakan bahwa pada elevasi di atas 2.400 m tidak terdapat korelasi antara warna bunga dan pengunjung bunga. Ia mencatat bahwa satu spesies serangga dapat mengunjungi berbagai spesies tumbuhan. Lebah desus (*bumble bee*), *Bombus rufipes*, dapat mengunjungi bunga yang tidak ber madu, seperti *Hypericum* dan *Plantago* untuk mengumpulkan serbuk sari sebagai pakan. Lebah ini juga mengunjungi bunga-bunga yang madunya mudah dicapai, seperti *Rubus*, *Leptospermum*, dan *Symplocos*, serta bunga-bunga yang madunya tersembunyi, seperti *Allaephania*, *Lonicera*, *Rhododendron*, dan *Vaccinium*.

Selanjutnya dikemukakan bahwa hanya *Bombus rufipes* yang tahan suhu rendah dan merupakan lebah desus yang paling sering ditemukan mengunjungi bunga di G. Gede-Pangrango pada elevasi di atas 1.400 m. *Bombus rufipes* adalah serangga yang dominan dan paling rajin mengunjungi bunga-bunga, bahkan pada musim hujan dan cuaca buruk sekalipun, ketika lebah lain tidak aktif. Lebah desus

ini mengunjungi *Dichroa febrifuga*, *Disporum cantoniense*, *Eurya acuminata*, *Gaultheria leucocarpa*, *Hypericum leschenaultii*, *Melastoma trachyphyllum*, *Rubus alpestris*, *Rubus chrysophyllus*, *Rubus fraxinifolius*, *Rubus hexagynus*, *Rubus lineatus*, *Rubus niveus*, *Rubus rosifolius*, *Swertia javanica*, *Vaccinium laurifolium*, dsb. Kunjungan lebah dan tawon ini tidak selalu diperlukan untuk pembentukan biji.

Lebah desus ini adalah satu-satunya serangga sosial yang selalu ada setiap hari, dari pagi sampai sore, baik dalam cuaca yang bagus maupun buruk untuk penyerbukan, meskipun kehadirannya bergantung kepada jumlah bunga mekar yang akan dikunjunginya. Spesies yang dikunjungi lebah desus untuk mencari madu dan serbuk sari antara lain adalah *Allaeophania rugosa*, yang berbunga ungu pucat selama berbulan-bulan dalam setahun; *Disporum cantoniense*, yang berbunga ungu; dan *Dichroa sylvatica*, yang berbunga biru. Sementara itu spesies yang hanya menyediakan serbuk sari bagi lebah desus antara lain adalah *Melastoma setigerum* var. *mollkenboerii* (dengan serbuk sarinya yang melimpah dalam kepala sari yang berbentuk khusus), *Hypericum leschenaultii*, *Plantago major* (yang juga tumbuhan anemofili), dan *Rhododendron retusum*. Tumbuhan yang dikunjungi lebah desus, khususnya untuk diambil madunya meskipun serbuk sari terbawa juga, antara lain adalah *Rubus lineatus*, *Lonicera javanica* dan *Swertia javanica*. Spesies lain yang secara teratur dikunjungi lebah besar tetapi tidak jelas apakah karena tertarik madu atau serbuk sarinya adalah *Eurya acuminata*, *Symplocos cochinchinensis* var. *sessilifolia*, *Vaccinium varingiaefolium*, dan *Vaccinium laurifolium*.

Berbeda dengan lebah desus yang terlihat setiap hari, lebah madu (*Apis indica*) datang dalam jumlah banyak hanya pada cuaca baik untuk waktu yang sangat pendek. Lebah ini mengunjungi bunga *Anaphalis javanica*, *Allaeophania rugosa*, *Eurya acuminata*, *Fragaria vesca*, *Hypericum leschenaultii*, *Lonicera javanica*, *Plantago major*, *Rubus lineatus*, dan *Symplocos cochinchinensis* var. *sessilifolia*.

Menurut Faegri dan Pijl (1979) bunga lebah biasanya zigomorf dengan kelopak terbagi dua dan mahkota bunga cerah, yang sering berwarna kuning, biru-hijau, atau biru, sedikit harum, dan menye-

diakan struktur pijakan kaki, seperti yang tampak pada *Lamiaceae*, *Orchidaceae*, *Papilionaceae*, dan *Scrophulariaceae*. Dikatakan bahwa lebah itu kuat dan cerdas dan dapat memanfaatkan bunga dengan struktur yang sangat rumit.

Docters van Leeuwen (1933) menegaskan bahwa yang agak lebih penting adalah berbagai *Diptera*, seperti lalat bunga (*syrphus flies*), yang adakalanya hadir dalam jumlah besar, tetapi lalat ini hanya mengunjungi beberapa spesies saja. *Anaphalis javanica* adalah tumbuhan yang sering dikunjungi lalat ini. Di hari cerah pada pertengahan tahun pernah terkumpul 22 spesies *Diptera*, yang mengerumuni kapitulium atau bongkol bunga, tetapi ketika cuaca hujan atau mendung lalat ini menghilang. Pada hari cerah, bunga *Anaphalis* dikerumuni lalat, tetapi sebenarnya bunga *Anaphalis* dapat melakukan penyerbukan sendiri tanpa bantuan luar. Lalat-lalat ini juga mengunjungi *Eurya acuminata*, *Symplocos cochinchinensis* var. *sessilifolia*, dan spesies lain. Hanya satu spesies serangga, *Chamaesyrrhus anigripes*, yang selalu terdapat sepanjang tahun.

Steenis dkk. (1972, 2006) menambahkan bahwa lalat dan kumbang juga tertarik pada bunga-bunga (atau seludang) yang menebarkan bau daging membusuk. Berdasarkan warna bunga dan karakter detail lain, spesies anggrek, *Corybas carinatus*, *Corybas mucronatus*, dan *Bulbophyllum uniflorum*, yang menebarkan bau khas, termasuk ke dalam kelompok ini. Berbagai spesies tirip juga terdapat pada macam-macam bunga. Pada *Persicaria chinensis* selalu dapat ditemukan tirip dalam jumlah banyak dan selalu penuh dengan serbuk sari. Larva tirip ini hidup dalam bunga dari tumbuhan yang sama dan memindahkan serbuk sari dari kepala sari ke kepala putik dari bunga yang sama. Tirip dewasa terbang dan dapat melakukan penyerbukan silang.

Di kawasan tropik bunga-bunga dikunjungi bukan hanya oleh serangga tetapi juga oleh burung, yang berperan penting dalam penyerbukan tumbuhan baik di daerah rendah maupun pegunungan. Ada yang berpendapat bahwa burung mengunjungi bunga bukan untuk mencari madu tetapi serangga, tetapi Docters van Leeuwen (1931), berdasarkan penelitiannya pada *Erythrina*, memastikan

bahwa yang dicari burung adalah madu. Bunga-bunga burung tidak harum dan berwarna oranye, kuning atau hijau yang kontras, dengan konstruksi bunga yang kokoh serta berair banyak, seperti terlihat pada *Loranthaceae* dan *Gesneriaceae* (*Aeschynanthus*), yang biasa dikunjungi dan diserbuk oleh burung-matahari suku *Nectariniidae* (Docters van Leuwen, 1954; Proctor & Yeo, 1973). Bunga yang dikunjungi burung tidak selalu berarti bahwa bunga tersebut diserbuk burung karena mungkin saja burung itu hanya pengunjung, seperti halnya dengan bunga *Leguminosae* dan *Orchidaceae* yang sebenarnya mampu menyerbuk sendiri (Steenis dkk., 1972, 2006).

Docters van Leeuwen (1933, 1954) melaporkan bahwa di hutan pegunungan banyak spesies benalu, seperti *Macrosolen* bertabung merah, dikunjungi dan diserbuki oleh burung-burung marga *Dicaeum* (suku *Dicaeidae*). Sementara itu, *Aethopyga eximea* mengunjungi bunga dan mendorong paruhnya masuk ke dalam tabung mahkota bunga *Lonicera javanica*, *Rhododendron retusum*, dan *Scurrula lepidota*, sementara pangkal paruhnya terkena serbuk sari. Burung ini juga mencari madu pada bunga *Paraserianthes lophantha*, *Vaccinium varingiaefolium*, *Rubus* spp., dan bahkan bunga merah jahe-jahean, seperti *Etlingera coccinea*, *Nicolaia solaris*, dan *Horstedtia*, yang tumbuh di lantai hutan.

Sebagian besar burung pengunjung bunga termasuk suku burung matahari *Nectarinidae*, yang di Jawa dijumpai di gunung-gunung sampai ketinggian 3.500 mdpl. Bunga-bunga penarik burung dapat dicontohkan dengan bunga spesies *Aeschynanthus horsfieldii*, *Aeschynanthus longiflorus*, dan *Aeschynanthus radicans* dari suku *Gesneriaceae* (Gambar 18), yang berbentuk tabung panjang berwarna merah (Steenis dkk., 1972, 2006a & b). Dikemukakan juga bahwa di Malaysia, McClure (dikutip Steenis dkk., 1972, 2006a & b) mencatat bunga ini menarik tiga spesies burung pemburu laba-laba dari marga *Arachnothera* (*Nectarinidae*), yang mencucuk saluran madu dengan paruh panjangnya. Selain itu, dicatat juga bahwa burung daun yang berwarna hijau (*Chloropsis*; suku *Aegithinidae*) memperoleh madu dengan melubangi sisi dan dasar mahkota bunga.

Manusia di dunia beranggapan bahwa anggrek telah menyesuaikan diri pada penyerbukan silang, tetapi Smith (1928) menemukan bahwa pembuahan sendiri atau autogami terjadi pada banyak spesies di Jawa. Ia menyatakan bahwa autogami terjadi pada *Cyrtosia javanica*, *Phreatia plantaginifolia*, *Schoenorchis juncifolia*, *Spiranthes sinensis*, *Taeniophyllum glan dulosum*, dan *Thelymitra javanica*. Autogami pun terjadi pada bunga-bunga dengan bentuk tidak normal, dan pada bunga kleistogam. Banyak bunga spesies *Leguminosae* yang mempunyai sindrom bunga serangga tetapi kenyataannya melakukan penyerbukan sendiri dalam kuncupnya sehingga kunjungan serangga tidak ada manfaatnya (Steenis, 1972, 2006). Beusekom (1972) mencatat bahwa autogami pun terjadi pada marga *Meliosma*, yang terdapat dalam hutan pegunungan di Jawa dan pengamatan ini menunjang pendapat Baker (1960).

Hutan pegunungan merupakan sebuah ekosistem yang sangat kompleks. Kondisi di bawah kanopi hutan sangat tenang sehingga tidak kondusif untuk penyerbukan oleh angin dan tidak diketahui apakah dalam hutan di bawah kanopi terdapat banyak serangga yang berpotensi jadi penyerbuk. Di permukaan kanopi dengan bunga-bunga yang berhubungan langsung dengan udara terbuka, penyerbukan dengan angin, serangga dan hewan lain dapat terjadi.

Tabel 27. Beberapa Spesies Tumbuhan Pegunungan dengan Hewan-hewan Pengunjungnya

No.	TUMBUHAN	HEWAN PENGUNJUNG								
		Aves	Bombus	Apis	Pollistes	Ichneumonidae	Diptera	Noctuidae	Lycaenidae	Microlepidoptera
1	<i>Paraserianthes lophantha</i>	x								
2	<i>Allaeophania rugosa</i>		xxx	xx		x				
3	<i>Anaphalis javanica</i>			xx	x		xxx		x	x
4	<i>Cardamine africana</i>				x		x			
5	<i>Dendrobium hasseltii</i>	x								
6	<i>Dichroa sylvatica</i>		xx							
7	<i>Digitalis purpurea</i>		xx							

No.	TUMBUHAN	HEWAN PENGUNJUNG								
		Aves	Bombus	Apis	Polistes	Ichneumonidae	Diptera	Noctuidae	Lycaenidae	Microlepidoptera
8	<i>Disporum cantoniense</i>		xx							
9	<i>Eurya acuminata</i>		xxx	xxx			xxx			
10	<i>Fragaria vesca</i>			x			xxx			
11	<i>Gaultheria leucocarpa</i>		x				x			
12	<i>Gaultheria punctata</i>		x							
13	<i>Hypericum leschenaultii</i>		xxx	x			x			x
14	<i>Impatiens javensis</i>		x	x			x			
15	<i>Leptospermum polygalifolium</i>		xx			x	xx		x	x
16	<i>Lonicera javanica</i>	xxx	xxx	x			x			
17	<i>Melastoma setigerum</i>		xxx							
18	<i>Myriactis javanica</i>									x
19	<i>Photinia integrifolia</i>		x				x			x
20	<i>Plantago major</i>		xxx				x			
21	<i>Platanthera blumei</i>							xxx		
22	<i>Persicaria chinensis</i>		x	x			x		x	xx
23	<i>Primula prolifera</i>		x							
24	<i>Rhododendron retusum</i>	xxx	xx							
25	<i>Rubus lineatus</i>	xxx	xxx	x			x			
26	<i>Scurula lepidota</i>	xxx								
27	<i>Solanum americanum</i>		xxx							
28	<i>Sonchus asper</i>						x			
29	<i>Swertia javanica</i>		xxx				x			x
30	<i>Symplocos cochinchinensis</i> var. <i>sessilifolia</i>		xxx	xxx			xxx			
31	<i>Thelymitra javanica</i>						x			
32	<i>Vaccinium laurifolium</i>	xx	xx							
33	<i>Vaccinium varingiaefolium</i>	xx	xx				x			
34	<i>Valeriana hardwickii</i>						x			
35	<i>Viburnum coriaceum</i>		x				x			

Ket.: x = kadang-kadang; xx = sering; xxx = sangat sering

Sumber: Diambil dan dimodifikasi dengan izin dari Docters van Leeuwen (1933)

Di hutan tropik campuran, termasuk hutan pegunungan primer, sebaran spesies pohon terpecah. Oleh karena itu, Baker (1960) memperkirakan penyerbukan sendiri berlaku di antara spesies pohon ini. Suatu hal yang umum juga di hutan tropik ini adalah bahwa kebanyakan pohon-pohon tidak berbunga serempak dan tidak menentu. Steenis dkk. (1972, 2006) menyatakan bahwa penyerbukan silang oleh angin dan serangga terjadi dalam flora pegunungan di Jawa, termasuk G. Gede-Pangrango. Penyerbukan pada sebagian besar anggrek dan semua spesies *Ficus* dilakukan oleh serangga. Selanjutnya dikatakan bahwa penyerbukan silang ditunjukkan oleh karakter tumbuhan sebagai berikut:

- 1) Spesies berumah dua, termasuk *Antidesma tetrandrum*, *Arisaema filiforme*, *Balanophora elongata*, *Dacrycarpus imbricatus*, *Daphniphyllum glaucescens*, *Eurya acuminata*, *Freycinetia javanica*, *Homalanthus giganteus*, *Myrica javanica*, *Nepenthes gymnaphora*, *Piper sulcatum*, *Rapanea arenata*, dan *Stephania capitata*.
- 2) Spesies berumah satu, bila dalam satu individu tumbuhan terdapat bunga-bunga uniseksual atau berfungsi uniseksual, yaitu betina atau jantan, seperti pada spesies pegunungan berikut: *Altingia excelsa*, *Begonia convolvulacea*, *Begonia isoptera*, *Begonia muricata*, *Cayaponia laciniata*, *Engelhardia spicata*, *Ficus sinuata*, *Glochidion rubrum*, *Gunnera macrophylla*, *Harmsioplanax aculeatus*, *Kadsura scandens*, *Laurembergia coccinea*, *Maclura cochinchinensis*, *Mussaenda frondosa*, *Nertera granadensis*, *Pilea melastomoides*, *Schisandra elongata*, dan *Tetrastigma papillosum*
- 3) Spesies dengan bunga heterostili yang mempunyai dua macam tumbuhan, yaitu tumbuhan dengan bunga bertangkai-putik panjang dan tumbuhan dengan bunga bertangkai-putik pendek. Bunga seperti ini jelas memerlukan penyerbukan silang, dan contohnya terdapat pada *Ophiorrhiza longiflora* dan *Psychotria montana*.
- 4) Spesies dengan bunga yang fertilitas kepala putik dan benang sarinya berlainan waktu, yang contohnya dapat dijumpai pada

Annonaceae dan aneka suku berbunga tabung seperti *Lamiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Verbenaceae*, *Gesneriaceae* (*Aeschynanthus longiflorus*, *Aeschynanthus radicans*, dan *Agalmyla parasitica*), *Gentianaceae* (*Swertia javanica*), dan *Loganiaceae* (*Fagraea blumei*).

Steenis dkk. (1972, 2006) menambahkan informasi tentang penyerbukan oleh kelelawar, ngengat, kupu-kupu, dan serangga lain kepada uraian yang disajikan oleh Docters van Leeuwen (1933). Ia mengemukakan bahwa kelelawar, seperti spesies dari marga *Macroglossus*, juga berperan dalam penyerbukan spesies di hutan pegunungan sampai elevasi sekitar 1.500 m. Pisang liar dengan tandan buahnya yang menjulur kusam, kasar, dan berbau jamur termasuk spesies yang diserbuk kelelawar. Kelelawar dari marga *Cynopterus* diperkirakan menyerbuk tumbuhan memanjat *Freycinetia insignis* dan *Freycinetia javanica*. Tumbuhan ini mempunyai daun gagang berasa manis dan berwarna merah jambu kusam, yang merupakan makanan padat kelelawar tersebut. Bunga besar *Fagraea blumei*, yang mekar pada malam hari dan menebarkan bau keasaman yang disebabkan zat diasetil (Derx, 1950), menarik perhatian kelelawar.

Kupu-kupu berperan dalam penyerbukan. Pada cuaca cerah kupu-kupu aktif dan aktivitas ini terkait dengan kegiatan migrasi dari daerah elevasi rendah ke elevasi lebih tinggi. Madu dalam mahkota bunga, yang berbentuk corong atau taji sempit dan bunga-bunga yang berbentuk terompet tegak dan berwarna cerah tidak dicapai oleh lebah, tetapi kupu-kupu dapat menjangkau madu dengan lidah yang panjang. Bunga yang termasuk bunga kupu-kupu termasuk juga *Impatiens platypetala* dan *Mussaenda frondosa*. Ngengat (kebanyakan *Sphingidae*) yang berlidah panjang menyerbuk bunga dengan mahkota berbentuk tabung panjang, berwarna keputih-putihan atau kehijauan dan berbau harum pada malam hari. Bunga dengan karakter seperti itu antara lain anggrek *Habenaria angustata* yang bertaji panjang, *Fagraea elliptica*, *Lonicera javanica*, *Pavetta indica*, *Pittosporum ramiflorum*, *Tarenna fragrans*, *Tarenna laxiflora*, dan *Symplocos henschelii*.

Docters van Leeuwen (1933) membuktikan dengan percobaan bahwa selain spesies anggrek epifit, sebagian besar tumbuhan di puncak G. Pangrango melakukan penyerbukan sendiri. Mereka mampu berkembang biak tanpa bantuan serangga. Berbagai spesies mengadakan penyerbukan secara autogami karena tidak mampu mengatasi kondisi yang tidak menunjang penyerbukan. Spesies-spesies tersebut antara lain *Ardisia javanica*, *Disporum cantoniense*, *Lonicera javanica*, *Photinia integrifolia*, *Primula prolifera*, *Ranunculus javanicus*, dan *Swertia javanica*. Autogami juga tampak pada anggrek yang tumbuh di puncak gunung, termasuk *Gentiana quadrifaria*, *Myrmechis gracilis*, dan *Thelymitra javanica*, yang hanya mekar pada hari-hari cerah.

Steenis dkk. (1972, 2006 a & b) menyimpulkan dan menegaskan bahwa pengetahuan kita tentang interaksi antara tumbuhan dan hewan dalam penyerbukan dan pembuahan tumbuhan masih sangat sedikit. Para biologiwan Indonesia mempunyai kewajiban untuk secara cermat mempelajari masalah tersebut, yang jelas tidak mudah diatasi. Lokasi terbaik untuk melakukan penelitian itu adalah KRC, yang mempunyai berbagai fasilitas untuk menunjang kerja lapangan.

C. Pemencaran Biji dan Perbanyak Tumbuhan

Pemencaran biji dengan berbagai cara dimaksudkan agar tumbuhan dapat tersebar seluas mungkin dan dapat memperbanyak diri. Setiap spesies mempunyai kemampuan dan sifat yang berbeda dalam perbanyak ini, ada spesies yang memperbanyak diri hanya secara generatif dengan biji, tetapi ada pula yang memperbanyak diri secara generatif dan vegetatif. Pemencaran biji dan pematapan semai merupakan fase-fase kritis dan peka dalam peri-kehidupan tumbuhan. Situasi ini lebih nyata lagi dalam vegetasi tropik, terutama hutan tropik, yang merupakan komunitas tumbuhan sangat kompleks dan beranekaragam. Proses pemencaran biji dan pematapan semai juga tidak seragam seperti dicerminkan oleh kehadiran aneka ragam pemencar (Terborgh, 1990). Produksi buah sangat berfluktuasi dan biasanya seirama, terutama dengan musim dan juga dipengaruhi oleh faktor lain selain iklim.

Dalam vegetasi tropik, pada umumnya biji dipencarkan oleh hewan dan angin. Pemencaran biji oleh hewan pemakan tumbuhan adalah yang paling dominan dan paling efektif, tetapi hewan juga dapat menjadi hama bagi permudaan dalam hutan. Whitmore (1986) menyatakan bahwa di sebuah pulau kecil dekat Semenanjung Malaya biji-biji 74% spesies yang tercatat di pulau tersebut dipencarkan oleh hewan, sedangkan biji spesies lainnya oleh pemencar lain. Sebaliknya di gugus pulau-pulau Krakatau, yang terletak 40 km dari Jawa dan Sumatra, 51 tahun setelah letusan dicatat sebanyak 41% biji-biji dari berbagai spesies tumbuhan pohon, perdu, terna, dan paku-pakuan yang mencapai pulau-pulau tersebut dipencarkan oleh angin, dan hanya 28% oleh hewan, yang memencarkan sebagian besar buah dan biji spesies-spesies pohon (Flenley & Richards, 1982). Tulisan klasik tentang pemencaran tumbuhan yang terinci adalah buku yang ditulis oleh Ridley (1930).

Tidak ada ilmuwan lain kecuali Docters van Leeuwen (1933) yang mengadakan penelitian terperinci mengenai pemencaran tumbuhan di kawasan atas G. Gede-Pangrango, termasuk bedah perut berbagai spesies burung untuk mengidentifikasi biji-biji yang dimakan dan disebarkan burung. Ia menemukan bahwa tumbuhan di pegunungan tinggi dipencarkan oleh air, angin, dan hewan. Meskipun bukan pemencar biji yang penting, air hujan, yang mengalir di parit-parit kecil, berperan juga untuk menghanyutkan buah-buah dan biji-biji kecil. *Primula prolifera* tampaknya dipencarkan oleh air dari puncak G. Pangrango ke Kandang Badak. Biji tumbuhan ini tidak mempunyai organ khusus untuk pemencaran, seperti kait pada *Bidens pilosa*, dan biji tetap tinggal dalam buah terbuka untuk waktu yang lama sampai terpentak karena goyangan keras. Ketika musim hujan atau cuaca basah berlangsung untuk waktu yang lama, sering kali biji berkecambah di dalam buah dan ketika perbungaan terkulai biji-biji akan tersebar tetapi tidak jauh dari tumbuhan induknya. Ini menjelaskan kenapa *Primula* biasanya tumbuh berkelompok. Meskipun demikian, mungkin saja ada cara pemencaran biji lain yang sampai sekarang belum diketahui, misalnya untuk menjelaskan sebaran individu *Primula* yang tumbuh terpencah dan menyendiri. Hal yang serupa juga terjadi pada *Gentiana quadrifaria*, *Isolepis fluitans*,

Buku ini tidak diperjualbelikan.



dan *Ranunculus javanicus*, yang tumbuh di pinggir parit di puncak Pangrango sehingga bijinya dengan mudah dibawa air. Spesies yang sejati dipencarkan oleh air adalah *Laurembergia coccinea*, yang kulit buahnya mempunyai rongga udara yang berfungsi sebagai pelampung. Dengan demikian, spesies ini dapat ditemukan di tepi sungai kecil dan tempat-tempat tergenang sementara, serta di tepi danau di gunung-gunung lain di Jawa.

Selanjutnya Docters van Leeuwen (1933) mengemukakan bahwa faktor penting lain dalam pemencaran buah dan biji di daerah puncak gunung adalah angin, yang sering bertiup secara teratur bahkan di lantai hutan. Buah dan biji yang dipencarkan angin kecil sekali dan ringan, seperti dapat ditemukan pada anggrek. Biji beberapa spesies suku *Ericaceae* yang berupa epifit, seperti *Rhododendron album*, *Rhododendron citrinum*, *Rhododendron javanicum*, dan *Rhododendron retusum*, dilengkapi dengan sayap sehingga mudah dibawa angin. *Nepenthes gymnaphora*, yang hidup sebagai epifit, juga mempunyai biji yang sangat ringan dan dipencarkan angin. Biji-biji berbagai spesies rumput-rumputan dan teki-teki kecil tetapi relatif berat sehingga tidak teradaptasi untuk disebarkan angin. *Clematis leschenaultii*, yang memanjat perdu dan pohon, mempunyai buah yang dilengkapi dengan embel-embel sehingga dapat melayang-layang di udara bila buah matang dan terlepas dari tangkainya. Buah dan biji tumbuhan terna yang dipencarkan angin umumnya kering dan ringan sehingga dapat ditiup dan dibawa angin. Di sekitar kawah G. Gede sering terlihat polong kering dibawa angin dalam jumlah besar. Seperti pada biji-biji dalam marga *Acer*, biji *Acer laurinum* mempunyai sayap sehingga dapat melayang jauh sampai lebih dari 40 km (Koorders, 1908). Selain itu biji *Hypericum leschenaultii* dan berbagai spesies dalam suku *Balsaminaceae*, dilemparkan jauh-jauh dengan mekanisme seperti ketapel.

Docters van Leeuwen (1933) menyatakan bahwa hewan adalah pemencaran spesies tumbuhan yang mempunyai buah berdaging dan dapat dimakan. Dari 152 spesies tumbuhan yang terdapat di daerah tertinggi G. Gede-Pangrango, 58 dipencarkan oleh hewan dan sebagian besar buahnya mengandung banyak air. Meskipun de-

mikian, jumlah spesies burung yang hidup di daerah ini tidak terlalu banyak, di antaranya *Turdus javaniacus fumidus*, *Oreosterops javanica frontalis* (*Zosterops fallax*), *Oreocincla dauma horsfieldii*, *Sphenurus sphenurus korthalsii*, *Ptilinophus porphureus*, *Macropygia unchall unchall*, *Gallus gallus bankiva*, dan *Arborophila javanica*. Berdasarkan identifikasi buah dan biji dalam perut burung dan pengamatan lapangan, Docters van Leeuwen menyimpulkan bahwa banyak sekali spesies yang mempunyai buah dan biji berdaging dimakan burung. Ia membuat daftar lengkap untuk spesies tumbuhan tersebut yang terdapat di G. Gede-Pangrango dan gunung-gunung lain di Jawa dan Sumatra. Spesies lain yang mempunyai buah dan biji berdaging dan berpotensi dipencarkan oleh burung termasuk spesies *Aralia ferox* (*Araliaceae*); *Perrotettia alpestris* (*Celastraceae*); *Carex baccans*, *Gahnia javanica* (*Cyperaceae*); *Acronodia punctata* (*Elaeocarpaceae*); *Tripterospermum trinerve* (*Gentianaceae*); *Dianella javanica*, *Disporum cantoniense* (*Liliaceae*); *Geniostoma rupestre* (*Loganiaceae*); *Melastoma setigerum* (*Melastomataceae*); *Syzygium racemosum* (*Myrtaceae*); *Persicaria chinensis*, *Polygonum paniculatum* (*Polygonaceae*); *Dichroa sylvatica*, *Polyosma illicifolia* (*Saxifragaceae*); dan *Eurya acuminata* (*Theaceae*).

Dikemukakan bahwa spesies rumput yang tumbuh di G. Gede-Pangrango biasanya membentuk rumpun. *Isachne pangerangensis*, yang terdapat di alun-alun Mandalawangi di G. Pangrango dan di alun-alun Suryakencana di G. Gede menyebar dan membentuk komunitas murni, seperti permadani di atas tanah, sepanjang tepi sungai-sungai kecil, dan saluran-saluran air hujan [lihat juga Bab VII.C tentang tipe komunitas *Anaphalis javanica* di atas dan Sadili dkk. (2009)]. Teki-tekian, seperti berbagai spesies *Carex*, juga membentuk rumpun, tetapi pertumbuhan vegetatif terjadi dengan membentuk tunas-tunas dari rimpang yang berkembang menjadi tumbuhan baru. Gejala seperti ini, tetapi lebih jarang, terjadi pada *Gahnia* dan *Isolepis fluitans*.

Selanjutnya, Docters van Leeuwen (1933) mengemukakan bahwa *Dianella* dan *Disporum* dari suku *Liliaceae* meluaskan pertumbuhannya secara vegetatif. Anggrek tanah dapat memperbanyak



diri secara vegetatif tetapi anggrek epifit tidak. *Calanthe abbreviata*, *Phaius flavus*, *Platanthera blumei*, dan *Thelymitra javanica* dapat membentuk rimpang. Di atas rimpang tersebut dapat tumbuh umbi dan tangkai berbunga, yang kemudian berkembang menjadi tumbuhan baru dan tumbuh di sekitar induknya. *Myrmechis glabra* dan *Myrmechis gracilis* merayap di atas tanah. Stolonnya yang panjang dan bercabang menembus bantal-bantal lumut dan kemudian membentuk tumbuhan baru, akhirnya stolon penghubung mati dan tumbuhan baru hidup mandiri. *Elatostema pedunculosum* dan *Pilea melastomoides* (*Urticaceae*) tumbuh menyelusur di atas tanah kering dan pada tanah basah serta tempat-tempat berawa bercabang dan mengelompok. Pertumbuhan serupa juga terjadi pada *Polygonum paniculatum* (*Polygonaceae*), *Cerastium arvense*, *Drymaria hirsuta*, dan *Stellaria media* (*Caryophyllaceae*). Pada *Ranunculaceae* gejala pertumbuhan vegetatif merupakan hal biasa, seperti pada *Anemone sumatrana*, sebuah tumbuhan yang diintroduksi dari G. Singgalang, yang menyebar secara vegetatif. Kuncup tumbuh pada bagian bawah perbungaan payung dan berakar sehingga menjadi tumbuhan mandiri. Sementara itu, pada *Thalictrum javanicum*, rimpang bercabang-cabang dan kuncup tumbuh berdekatan sehingga membentuk satu tumbuhan besar. Pada *Ranunculus blumei* dan *Ranunculus javanicus*, stolon yang panjang menyebar ke segala arah dan berakar serta membentuk individu baru. Dengan cara demikian tumbuhan ini dapat membentuk tutupan luas. Di tempat terbuka dalam hutan *Ranunculus blumei* dapat menutup tanah sekitar 15 meter persegi dalam waktu satu tahun. *Fragaria vesca* (*Rosaceae*) atau stroberi yang diintroduksi ke Pangrango oleh Teysmann pada awal abad IX menyebar ke mana-mana secara vegetatif dengan stolonnya yang panjang. *Impatiens*, *Begonia*, dan *Viola pillosa* menyebar dan membentuk tumbuhan dari stolon.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Tabel 28. Spesies tumbuhan yang buah dan bijinya dimakan oleh spesies burung di G. Gede-Pangrango dan gunung-gunung lain di Jawa dan Sumatra.

Spesies Tumbuhan	Spesies Burung	Lokasi
1. <i>Eurya acuminata</i>	<i>Sphenurus sphenurus korthalsii</i>	G. Pangrango
2. <i>Fragaria vesca</i>	<i>Turdus poliocephalus fumidus</i>	G. Pangrango
3. <i>Gahnia javanica</i>	<i>Pycnonotus bimaculatus barat</i>	G. Ophir, Sumatra
4. <i>Gaultheria</i> spp.	<i>Sphenurus sphenurus korthalsii</i>	G. Pangrango
5. <i>Myrica javanica</i>	<i>Sphenurus sphenurus korthalsii</i> <i>Pycnonotus bimaculatus</i> <i>Zoothera dauma</i> <i>Aplonis panayensis strigatus</i> <i>Turdus poliocephalus whiteheadi</i> <i>Lophozosterops javanicus</i>	G. Gede-Pangrango, G. Sindoro, G. Sumbing
6. <i>Persicaria chinensis</i>	<i>Turdus poliocephalus whiteheadi</i> <i>Lophozosterops javanicus</i> <i>Zosterops palpebrosa</i>	G. Sumbing, G. Sindoro
7. <i>Photinia integrifolia</i>	<i>Turdus poliocephalus fumidus</i>	G. Pangrango
8. <i>Rapanea arenis</i>	<i>Turdus poliocephalus fumidus</i>	G. Pangrango
9. <i>Rubus fraxinifolius</i>	<i>Lophozosterops javanicus</i>	G. Sindoro
10. <i>Rubus hasskarlii</i>	<i>Lophozosterops javanicus</i> ,	G. Gede
11. <i>Rubus lineatus</i>	<i>Pycnonotus bimaculatus</i> , <i>Lophozosterops javanicus</i>	G. Pangrango, G. Sumbing
12. <i>Rubus niveus</i> ssp. <i>horsfieldii</i>	<i>Pycnonotus bimaculatus</i> ,	G. Tengger
13. <i>Schefflera lucescens</i>	<i>Lophozosterops javanicus frontalis</i>	G. Gede
14. <i>Schefflera rugosa</i>	<i>Sphenurus sphenurus korthalsii</i>	G. Pangrango
15. <i>Scurrula fusca</i>	<i>Pycnonotus bimaculatus</i>	G. Gede
16. <i>Scurrula lepidota</i>	<i>Dicaeum trochileum</i>	G. Gede
17. <i>Styphelia pungens</i>	<i>Turdus poliocephalus</i>	G. Kawi
18. <i>Vaccinium varingiaefolium</i>	<i>Turdus poliocephalus fumidus</i> <i>Turdus poliocephalus whiteheadi</i> <i>Lophozosterops javanicus</i> <i>Zosterops palpebrosa sindorensis</i> <i>Pycnonotus bimaculatus</i> <i>Sphenurus sphenurus korthalsii</i>	G. Pangrango, G. Sindoro, G. Sumbing
20. <i>Viburnum coriaceum</i>	<i>Lophozosterops javanicus</i>	G. Sindoro

Sumber: Disusun berdasarkan data dari Docters van Leeuwen (1933) dengan izin.

Laurembergia coccinea (Haloragaceae) yang tumbuh terutama di tempat-tempat basah terbuka mempunyai taruk (*shoot*) merayap yang membentuk jaringan lebat dan menutup tanah. Bila taruk-taruk lama mati individu baru tumbuh dalam jumlah banyak. Pertumbuhan vegetatif pada *Pimpinella leeuwenii* (Apiaceae) merupakan hal biasa. Spesies ini dapat dibedakan dari *Pimpinella pruatjan* dengan kehadiran kuncup pada percabangan perbungaan yang terlentang di atas tanah, yang kemudian berkembang menjadi tumbuhan baru. Meskipun demikian, kondisi di daerah puncak tidak mendukung pertumbuhan sehingga spesies ini hanya tumbuh menyebar secara vegetatif yang membentuk bercak-bercak penutup terbatas. *Primula prolifera* (Primulaceae) membentuk kuncup samping yang kemudian berkembang menjadi roset baru, tetapi pertumbuhan ini hanya membentuk rumpun lebat dan tidak memperluas sebarannya. Hal yang sama dapat diamati juga pada *Plantago major* (Plantaginaceae). *Nertera granadensis* (Rubiaceae) yang mempunyai batang merayap sehingga dapat membentuk bercak-bercak yang luas. Individu-individu baru menjadi terisolasi setelah batang merayap mati. Pada kebanyakan spesies Asteraceae pertumbuhan vegetatif tidak merupakan sifat penting, kecuali pada beberapa spesies seperti *Artemisia vulgaris* dan *Ageratina riparia*, yang bukan spesies pribumi. *Artemisia vulgaris* tidak pernah berbuah sehingga pertumbuhan vegetatif adalah satu-satunya cara perbanyakan. *Ageratina riparia* menyebar cepat dengan pertumbuhan cabang-cabangnya yang berakar dan merayap di atas tanah. Tumbuhan ini menjadi gulma yang sukar untuk dimusnahkan.

Di antara perdu, perbanyakan vegetatif hanya terjadi pada beberapa spesies saja, termasuk *Gaultheria nummularioides* (Ericaceae), *Hypericum leschenaultii* (Hypericaceae), *Lonicera javanica* (Caprifoliaceae), dan spesies-spesies *Rubus* (Rosaceae). *Rubus vestitus*, yang diintroduksi dari Eropa oleh Teysmann, tidak pernah berbuah dan hanya bereproduksi secara vegetatif. Hanya sedikit sekali spesies-spesies pohon yang memperbanyak diri secara vegetatif, misalnya *Casuarina junghuhniana*, tetapi spesies ini berkembang baik di gunung-gunung di Jawa Tengah dan Timur dan tidak terdapat di G. Gede.

Di daerah pamah dengan elevasi kurang dari 1.000 mdpl, Ario (2002) dan Payne dkk. (2000) mencatat bahwa penyebar biji potensial di Bodogol antara lain adalah *Arctictis binturong* (binturong), *Paradoxurus hermaphroditus* (musang luwak), *Artogalidia trivirgata* (musang akar), *Hylobates moloch* (owa Jawa), dan *Picnonotus* sp. (burung kutilang). Berdasarkan penelitian kotoran hewan di hutan Bodogol Setia (2000) menemukan bahwa *Paradoxurus hermaphroditus*, *Artogalidia trivirgata*, dan *Picnonotus* sp. pemencar biji potensial di hutan Bodogol merupakan pemencar biji. Ia menemukan juga bahwa biji kayu Aprika (*Misopsis eminii*) adalah biji yang paling banyak disebar oleh ketiga hewan tersebut. Biji yang berasal dari kotoran dapat tumbuh dan lebih cepat berkecambah dibandingkan biji yang jatuh langsung dari pohon induknya.

1. Perbanyak Tumbuhan secara Konvensional

Perbanyak tumbuhan secara konvensional diperlukan apabila secara alami perbanyakannya kurang cepat dibandingkan bila dengan campur tangan manusia untuk tujuan rehabilitasi dan re-introduksi. Tidak semua spesies memerlukan teknologi canggih apabila dapat dilakukan secara konvensional dengan cepat dan skala yang diperlukan dan ekonomis. Beberapa spesies yang perlu diperbanyak antara lain *Castanopsis gigantea* sehingga bibitnya dapat dibagikan ke masyarakat sekitarnya untuk menanam selain yang ditanam untuk penghijauan, karena buahnya dapat meningkatkan pendapatan masyarakat. Jenis ini sudah dikumpulkan bijinya dan ditumbuhkan serta sudah ada gerakan membagikan pada masyarakat walau masih bersifat insidental dan dalam jumlah terbatas serta belum rutin. Spesies langka lain yang endemik perlu dilakukan seperti yang telah pernah dilakukan. Teknik konvensional yang digunakan dapat berupa cangkok dan *grafting* sehingga dapat lebih cepat pertumbuhan dan fase reproduksinya.

2. Perbanyak Tumbuhan secara Bioteknologi

Secara umum, perbanyak secara kultur jaringan atau *in vitro* lainnya pada pohon hutan lebih sulit karena mengandung fenol dan

banyak kontaminan karena banyak ditempeli jamur serta mengandung bakteri dikarenakan umurnya yang puluhan tahun sehingga mikroorganisme juga tumbuh di pohon tersebut. Oleh karena itu, upaya untuk melakukan sterilisasi yang sesuai menggunakan sterilant seperti sabun, chlorox, dan bahan kimia pembersih kuman dan jamur serta dikombinasikan dengan alkohol. Perlakuan dengan anti jamur seperti Dithane juga dilakukan sebelum sterilisasi dengan anti bakteri. Untuk mengurangi kadar fenol dari tanaman ber kayu yang sudah dewasa, dilakukan beberapa cara seperti merejuvenasi tanaman dewasa dengan membiakkan tunas pucuk atau ranting berupa stek di pembibitan dengan berbagai perlakuan (disungkup, disiram dan perlakuan zat pengatur tumbuh), dan mengambil pucuk yang baru tumbuh untuk dibiakkan secara *in vitro*. Kandungan fenol yang terlalu banyak akan mematikan jaringan atau sel yang dibiakkan *in vitro* yang dicirikan dengan berubahnya warna media menjadi coklat di sekitar jaringan yang dibiakkan.

Perbanyakan vegetatif secara *in vitro* perlu diinisiasi dan ditingkatkan karena beberapa spesies tumbuhan tidak dapat berbiak karena masalah embrio sehingga perlu dilakukan teknik *embryo rescue* dan teknik perbanyakan berbasis somatik sel seperti dari daun dan bagian vegetatif lainnya. *Embryo rescue* sudah banyak dilakukan pada tanaman hutan seperti *Strychnos potatorum* yang merupakan tanaman obat (Kagithoju dkk., 2013) dan *Givotia rottlerformis* yang merupakan tumbuhan hutan terancam punah di India (Rambabu, 2006). Di Indonesia, teknik ini belum banyak dilakukan pada tanaman kehutanan dibandingkan tanaman perkebunan seperti kelapa kopyor (Mashud & Manaroinsong, 2007; Sukendah dkk., 2008) dan kelapa sawit (Alves dkk., 2011) serta pisang liar (Roostika dkk., 2018). Pada tanaman hutan yang sudah dilakukan yaitu pada *Caryota no Becc* spesies palem yang dikategorikan langka dengan status rawan yang berpotensi sebagai tanaman hias (Hoesen, 1997) dan aren (*Arenga pinnta*) (Arsyad, 2013).

Kultur anter atau polen pada pohon hutan masih belum banyak dilakukan, namun beberapa jenis pohon yang banyak tumbuh di sepanjang aliran sungai seperti matoa (*Pometia pinnata*)

sudah dilakukan dan menghasilkan kalus walaupun belum dapat diregenerasikan menjadi planlet (Sudarmonowati & Yunita, 1997; Sudarmonowati & Yunita, 2000). Preservasi anter dan polen pohon hutan juga perlu dilakukan untuk melakukan perbaikan tanaman menggunakan penyilangan buatan untuk mengatasi masalah perbedaan waktu terbaik untuk menerima serbuk sari seperti yang telah dilakukan pada preservasi anter matoa (Sudarmonowati & Rosmithayani, 1997) dan polen *Lagerstroemia speciosa* (Sumiasri dkk., 2002), *Aleurites mollucana* (Sudarmonowati dkk., 2002). Preservasi dengan teknik kriopreservasi yaitu penyimpanan dalam nitrogen cair telah dilakukan menggunakan bagian tanaman lain selain polen, misalnya embrio, tunas pucuk, dan kalus embriogenik. Hal ini untuk mengatasi masalah penyediaan bibit pada saat di luar musim atau untuk menyimpan biji kalsitran. Karena jenis rekalsitran umumnya berbiji ukuran besar, sulit disimpan jangka lama dengan teknik kriopreservasi yang memerlukan ukuran kecil karena semakin besar jaringan mempunyai kandungan air lebih banyak sehingga kematian karena terbentuknya kristal es semakin besar. Oleh karena itu, sangat penting memperkecil ukuran jaringan yang disimpan, namun dapat diregenerasi menjadi tanaman lengkap setelah penyimpanan.

Multiplikasi tunas secara *in vitro* merupakan teknik yang sudah banyak diterapkan pada tanaman kehutanan dan tanaman lain secara umum karena relatif lebih mudah untuk jenis tanaman tertentu dan juga induk pohonnya dapat diremajakan dengan mudah dengan menanam di pembibitan sebagai sumber perbanyak vegetatif. Penggunaan kombinasi zat pengatur tumbuh untuk merangsang perbanyak tunas sangat bervariasi tergantung kelompok jenis tanaman namun secara umum menggunakan sitokinin atau kinetin. Beberapa tanaman hutan yang sudah diperbanyak secara multiplikasi tunas *in vitro*, antara lain *Acacia mangium* dan *Paraserianthes falcataria* (Sudarmonowati dkk., 1998) serta tanaman lain seperti *Jatropha curcas* (Sudarmonowati dkk., 2008), cendana (Sudarmonowati dkk., 2009), serta tanaman lainnya (Sudarmonowati, 2000a).

Perbanyak melalui induksi kalus atau langsung menghasilkan tunas dari kalus secara organogenesis juga masih belum banyak



dilaporkan. Perbanyakan melalui organogenesis menggunakan zat pengatur tumbuh yang menghasilkan tunas dalam jumlah banyak dari kalus telah dilaporkan pada cendana oleh Sudarmonowati dkk. (2009). Prosedur ini dapat dimodifikasi untuk membiakkan pohon atau jenis lainnya yang endemik dan terancam punah di Cagar Biosfer Cibodas. Propagasi dengan teknik embriogenesis somatik pada tanaman hutan juga belum banyak dibandingkan tanaman perkebunan yang sudah berhasil dilakukan pada tanaman cendana (*Santalum album*) seperti yang dilaporkan Herawan dkk. (2017) dan Sudarmonowati dkk. (2009), serta pada tanaman cokelat oleh Ajijah dkk. (2014), Tresniawati dan Sulistyorini (2019).

Penerapan teknik induksi somatik embriogenesis pada tumbuhan hutan lebih sulit dibandingkan teknik organogenesis karena sangat tergantung jenis dan genetiknya. Apabila berhasil, teknik ini dapat memproduksi bibit tanaman (*planlet*) dalam jumlah lebih banyak daripada teknik vegetatif dan *in vitro* lainnya. Otomatisasi dapat dilakukan pada teknik ini sehingga penyediaan bahan tanaman yang melimpah untuk berbagai program, termasuk rehabilitasi dan restorasi hutan dan vegetasi alami lain serta untuk perbanyakan tumbuhan yang terancam punah, dapat dilaksanakan dengan efektif dan efisien. Kelebihan lain dari teknik ini adalah akar yang dihasilkan adalah akar tunggang karena karakternya seperti embrio dari zigotik yang mempunyai bakal tunas dan bakal akar sehingga lebih tahan bila diterpa angin kencang dibandingkan teknik propagasi *in vitro* lainnya di mana tanaman yang diregenerasikan mempunyai akar serabut sehingga mudah roboh seperti karakter dari teknik vegetatif konvensional lainnya yang menggunakan stek atau “*grafting*”.

D. Simbiosis

Simbiosis adalah hidup bersama dua jenis berbeda secara permanen atau dalam waktu lama, yang menguntungkan atau merugikan jenis mitra terkait (Rifai, 2004; Thain & Hickman, 2000). Dikenal beberapa bentuk simbiosis, seperti simbiosis biotrof, yang merupakan salah satu pelaku simbiosisnya (*symbion*) memanfaatkan mitra hidupnya sebagai sumber makanan; dan simbiosis mutualisme, yang kedua

mitra simbiosisnya memperoleh keuntungan dan tidak ada mitra simbiosis yang dirugikan, dsb. Dalam uraian berikut ini dikemukakan simbiosis yang berupa mikoriza, simbiosis bakteri dan alga, serta simbiosis jamur makro.

1. Mikoriza

Sebenarnya sebagian besar tanah hutan tropik, termasuk di pegunungan, secara proporsional miskin karena terus-menerus mengalami pencucian sebagai akibat air hujan yang melimpah sehingga hara dan bahan mineral dalam tanah terbawa hanyut (Richards, 1996; Whitmore, 1986). Untuk menanggulangi masalah pengambilan hara, pohon-pohon mengembangkan sistem perakaran dangkal dan pohon-pohon juga hidup berasosiasi dengan jamur tanah yang biasanya jamur kelompok tinggi (jamur mikoriza). Jamur-jamur ini berfungsi untuk menguraikan serasah dan menyerap serta memindahkan hara hasil dekomposisi, terutama mineral dari tanah, yang dibutuhkan pohon. Hutan, dengan biomassa besar yang terkandung dalam batang kayu dan tajuk pohon dapat terbentuk bukan saja karena kinerja sistem perakaran, melainkan juga berkat sumbangan hasil kerja jamur mikoriza yang menyerap bahan-bahan dari tanah dan hasil dekomposisi serasah yang didaur-ulangkan ke dalam pohon.

Simbiosis antara mikoriza dan tumbuhan ditemukan pertama kali pada *Myrica javanica* di G. Gede oleh Janse (1897). Sejak itu, penelitian tentang mikoriza telah berkembang pesat karena fungsinya dalam kesuburan tanah dan penunjang sintasan tumbuhan yang hidup pada tanah miskin. Telah dilaporkan bahwa mikoriza menunjang kehidupan spesies-spesies *Dipterocarpaceae* dan terdapat serta berfungsi di hutan alam tropik (Richards, 1996; Smits, 1983; Whitmore, 1986). Selain itu, mikoriza ini juga berasosiasi kuat dengan spesies-spesies *Pinus* (Griffith, 1965), termasuk dengan *Pinus merkusii*, yang terdapat secara alami dan dibudidayakan dengan melibatkan mikoriza secara luas di Indonesia. Di Jawa, situasi habitat tumbuhan pegunungan diuntungkan oleh bahan-bahan yang secara teratur diperbarui oleh letusan gunung berapi (lahar, aliran lava, dan abu), yang memasok bahan mineral bebas akibat pelapukan batuan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



2. Simbiosis Bakteri dan Alga

Selain simbiosis antara bakteri dan tumbuhan berbiji seperti yang berlangsung pada tumbuhan kacang-kacangan, sebuah simbiosis unik terjadi pula pada spesies tumbuhan berbunga tertentu. Di hutan pegunungan simbiosis unik ini terjadi pada *Pavetta indica* dari suku *Rubiaceae*, yaitu pohon kecil yang menyusun lapisan kedua hutan. Koloni bakteri berkembang pada daun dan dapat dengan mudah dilihat dalam sinar transparan sebagai bercak gelap. Bakteri ini tidak membahayakan kehidupan pohon, tetapi bermanfaat dan kehadirannya merupakan keharusan bagi kehidupan *Pavetta*. Simbiosis serupa terjadi pula pada *Ardisia crispa*, yang uraiannya dapat disimak dari tulisan Jongh (1938). Penelitian tentang kehadiran mikroba dalam tubuh tumbuhan tinggi (*endophyte*) yang terkait dengan hara untuk pertumbuhan dan pemanfaatannya telah berkembang luas seperti tampak dalam berbagai tinjauan dan penelitian (Anindyawati dkk., 2001; Dreyfuus & Chapela, 1994; Radji dkk., 2011; Tanaka dkk., 1999; Tomita, 2003).

Ganggang atau alga tidak hanya menjadi mitra simbiosis semua lumut kerak, tetapi juga hidup bersama tumbuhan berbunga. Ganggang hijau-biru membentuk koloni dalam jaringan tempat daun menempel pada *Gunnera macrophylla*. Ganggang ini dapat mengasimilasi nitrogen dari udara, tetapi belum pasti apakah simbiosis ini menjadi suatu keharusan bagi *Gunnera*. Uraian yang rinci dapat dirujuk dari tulisan Baas Becking (1947).

3. Jamur Makro

Di area inti Cagar Biosfer Cibodas, baru-baru ini telah dikoleksi jamur sebanyak 19 spesies dan 14 marga, yaitu *Armillaria* sp. 1, *Armillaria* sp. 2, *Auricularia* sp., *Daedalea* sp. 1, *Daedalea* sp. 2, *Fomitopsis* sp., *Ganoderma* sp. 1, *Ganoderma* sp. 2, *Marasmius* sp., *Microporus* sp. 1, *Microporus* sp. 2, *Mycena* sp., *Phellinus* sp., *Polyporus* sp., *Rigidoporus* sp., *Russula* sp., *Sistotrema* sp., *Xylaria* sp. 1, dan *Xylaria* sp. 2. Di antara jamur-jamur tersebut ada yang berasosiasi dengan jaringan batang yang busuk, seperti *Rigidoporus* sp., atau ranting/batang yang masih hidup, seperti *Polyporus* sp. Beberapa spesies tumbuh

berkoloni dan ada juga yang tumbuh soliter. Beberapa spesies berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan obat sehingga perlu diteliti lebih lanjut (Putra dkk., 2019).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB IX

PENELITIAN BOTANI DI KAWASAN VEGETASI ALAMI

A. Penelitian Masa Lampau

Bagi kalangan biologi tropik internasional, Kebun Raya Indonesia di Bogor dan Cibodas beserta kawasan hutan Cibodas pada lereng sebelah timur laut G. Gede-Pangrango pada masa lampau adalah surga bagi semua orang yang berminat menelaah biologi dan ekologi flora tropik, khususnya flora pegunungan Jawa. Banyak sekali para peneliti dari mancanegara dan Hindia Belanda sejak pertengahan abad ke-18, terutama setelah *sLands Plantentuin* (Kebun Raya) berdiri pada tahun 1817 sampai tahun 1950-an, yang mengadakan penelitian di Kebun Raya, terutama di G. Gede-Pangrango. Oleh karena itu, pengetahuan biologi tropik sampai tahun 1950-an banyak dikembangkan dan disumbangkan oleh penelitian di Kebun Raya Bogor (KRB) dan Kebun Raya Cibodas (KRC). Went (1945) menamakan KRC dan ekosistem alam di Gede-Pangrango sebagai *a naturalist's paradise*.

Pada tahun 1972, Steenis dkk. menerbitkan buku *Mountain Flora of Java*, yang kemudian di cetak ulang tahun 2006 oleh Penerbit Brill, Leiden, Belanda. Buku ini diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia oleh J.A. Kartawinata dengan judul *Flora Pegunungan Jawa* dan diterbitkan oleh Pusat Penelitian Biologi, LIPI, yang bekerja sama dengan UNESCO, World Bank, MacArthur Foundation, dan Penerbit Brill. Buku ini memuat uraian flora, ekologi, biologi, iklim,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

fitogeografi, geologi, dan sejarah penelitian botani di pegunungan Jawa. Flora disajikan dalam bentuk lukisan berwarna 456 spesies, yang dilengkapi dengan catatan ekologi, geografi, dan taksonomi. Lebih dari 50% spesies asli yang diuraikan dalam buku ini terdapat di G. Gede-Pangrango.

Tidak berlebihan bila dikatakan bahwa kawasan G. Gede-Pangrango dan KRC merupakan pusaka ilmiah dunia atau *scientific world heritage*. Oleh karena itu, sangatlah penting untuk membuat uraian tentang sejarah singkat penelitian botani di kawasan ini. Berikut ini adalah uraian tentang sejarah tersebut yang banyak mengambil informasi dari tulisan: Steenis & Steenis-Kruseman (1953), *A brief sketch of the Tjibodas mountain Garden*; Steenis-Kruseman & Steenis (1950), *Malaysian plant collectors and collections*; Steenis (1934), *On the origin of the Malaysian mountain flora*; Steenis dkk. (1972, 2006a), *Mountain Flora of Java*; Steenis dkk., (2006b), *Flora Pegunungan Jawa*; dan Docters van Leeuwen (1933), *Biology of plants and animals occurring in the higher parts of Mount Pangrango-Gedeh in West Java*, yang ditambah dengan pustaka lama lain dan pustaka mutakhir terpilih setelah tahun 1953. Acuan tersebut di atas banyak dikutip dalam uraian berikut ini.

Tercatat bahwa orang pertama dari Eropa yang melakukan penjelajahan botani di daerah tropik, terutama Asia termasuk Indonesia, adalah Carl Pehr Thunberg (1743–1828), seorang Swedia dan murid bapak taksonomi, Carolus Linnaeus. Ia berkunjung dua kali ke Jawa, pada tahun 1777. Ia adalah botaniwan pertama yang berkenalan dengan flora pegunungan Jawa, khususnya di Jawa Barat, termasuk kawasan Megamendung, Cipanas, dan Gunung Gede. Ia membuat daftar tumbuhan yang dikoleksinya dan diterbitkan dalam *Florula Javanica* (1825).

Selanjutnya Steenis dkk. (1972, 2006) mengemukakan bahwa pada tahun 1778, J.C.M. Rademacher mendirikan *de Bataviasche Kunst en Wetenschappen Vereniging* (Perhimpunan Seni dan Ilmu Pengetahuan Batavia), suatu lembaga yang mendorong dan memberikan kemudahan riset para ilmuwan pengelana. Seorang botaniwan Swedia lain, Claes Frederic Hornstedt (1758–1809), yang juga

murid Thunberg dan menjabat sebagai guru besar botani di Uppsala, Swedia, yang menggantikan anak Linnaeus, berkunjung ke Jawa atas biaya perhimpunan tersebut pada tahun 1783–1784. Ia mengunjungi Gunung Megamendung dan Gunung Salak pada tahun 1783, tetapi tampaknya ia tidak membuat koleksi tumbuhan dari lokasi ini (Steenis, 1949).

Atas dukungan Gubernur Jenderal Alting, seorang penjelajah Spanyol yang bernama Francisco de Noroña datang untuk mengadakan eksplorasi botani di Jawa. Pada tahun 1787, ia mengadakan sebuah ekspedisi di kawasan Priangan, yang hasilnya diterbitkan dalam sebuah naskah besar dan bagus dalam bahasa latin beserta kumpulan gambarnya, yang disimpan di Museum Paris dan *the British Museum*. Selain itu, ia menerbitkan sebuah pertelaan tentang marga *Altingia* dan spesies *Altingia excelsa* (rasamala), yang banyak terdapat dan adakalanya dominan di hutan pegunungan G. Gede-Pangrango. Nama marga ini dibuatnya untuk menghormati Gubernur Jenderal Alting.

Pada tahun 1793, seorang dokter ahli bedah yang juga pencinta alam Prancis, Louis Auguste Deschamps (1765–1842), ditahan di Surabaya. Van Overstraten, Gubernur Jawa Timur pada waktu itu, memanfaatkannya untuk melaksanakan sebuah kajian tentang bahasa dan flora Jawa. Selama tiga tahun penuh (1795–1798), Deschamps menjelajahi semua gunung tinggi yang penting di Jawa termasuk G. Gede. Sewaktu kembali ke Prancis pada tahun 1802, hasil karya dan koleksinya dirampas angkatan laut Inggris. Hanya tersisa catatan harian dan gambar-gambarnya, yang kemudian diidentifikasi Steenis (Steenis dkk., 1954). Seorang botaniwan dan pencinta alam Prancis lain, Louis Théodore Leschenault de la Tour, mengadakan penelitian botani di Jawa Barat berkat dukungan N. Engelhard, Gubernur Jawa Timur Laut (pada waktu itu). Nama Gubernur Engelhard kemudian diabadikannya sebagai nama ilmiah marga *Engelhardia*. Salah satu jenis dari marga ini adalah *Engelhardia spicata* (ki hujan), yang merupakan pohon besar yang terdapat banyak di hutan pegunungan di G. Gede-Pangrango. Naskah Leschenault tentang tumbuhan Jawa terdapat dalam arsip Herbarium di Paris.

Setelah perang Napoleon berakhir di Eropa dan Belanda kembali berkuasa di Hindia Belanda, timbul gagasan bahwa di Hindia Belanda diperlukan tempat berpijak permanen bagi ilmu pengetahuan yang berupa suatu pusat pengetahuan alam yang dilengkapi dengan kebun, perpustakaan, dan herbarium; tiga gunung besar G. Salak (2.211 mdpl), G. Gede (2.958 mdpl), dan G. Pangrango (3.019 mdpl) menunjang penelitian flora pegunungan Jawa. Reinwardt memanjat G. Gede dari lereng sebelah selatan-tenggara pada tanggal 19 April 1819, melalui rintisan yang sebelumnya dibuat atas perintah Gubernur Jenderal Sir Thomas Stamford Raffles, Gubernur Jenderal Inggris, yang berkuasa di Jawa pada tahun 1811–1814. Melalui rintisan ini, Reinwardt mencapai dinding selatan kawah Gede, yang disebut Sedaratu. Ia menyatakan bahwa elevasi 7.000 kaki (sekitar 2.300 mdpl) merupakan batas hutan tinggi *Lauraceae*, dan pada elevasi ini pohon-pohon hutan menjadi pendek dan kerdil yang berlumut tebal.

Setelah Kebun Raya Bogor didirikan, Pemerintah Belanda membentuk *de Natuurkundige Commissie* (Komisi Ilmu Pengetahuan Alam), yang ditugasi untuk mengadakan penelitian ilmiah tentang tumbuhan, hewan, geologi, dan geografi, dalam usaha untuk mengungkapkan kekayaan alam Indonesia. Dua pemuda bersahabat karib, Heinrich Kuhl (1796–1821) dan Coenraad van Hasselt (1796–1823), merupakan anggota komisi yang pertama menjelajahi gunung-gunung di Jawa Barat, termasuk Gunung Halimun, Gunung Salak, dan Gunung Gede-Pangrango. Karena bekerja terlalu keras, Kuhl dan van Hasselt jatuh sakit parah dan mereka meninggal berurutan. Sebagian besar koleksi herbarium mereka dan gambar-gambarnya disimpan di herbarium Bogor dan Leiden. Sebagai penghargaan terhadap karya ilmiahnya, John Lindley (1799–1865) mengabadikan nama mereka dalam beberapa spesies anggrek, seperti *Dendrobium hasseltii* dan *Dendrobium kuhlii* (yang kemudian jadi sinonim *Dendrobium hasseltii*). Untuk menghormati kedua peneliti botani muda tersebut J.J. Smith (1847–1967) menciptakan marga *Kuhlhasseltia*.

Carl Ludwig Blume (1796–1862), seorang dokter dari Jerman, tiba di Jawa pada tahun 1818, dan kemudian pada tahun 1822 diangkat menjadi Direktur Kebun Raya Bogor menggantikan Reinwardt. Ia

sangat berambisi besar dan berbuat banyak untuk memperkaya lembaganya, termasuk menjelajahi dan mengenal baik gunung-gunung di Jawa Barat, misalnya G. Salak dan G. Gede. Ia memulai perjalanannya ke G. Gede pada tanggal 13 April 1824 melalui rintis yang melewati Puncak Pas dan lereng utara G. Gede. Ia mencacah spesies yang terdapat di alun-alun G. Gede, dan menyatakan bahwa spesies-spesies tersebut umum terdapat di puncak gunung berapi. Karya besarnya dicurahkan dalam *Bijdragen tot de Flora van Nederlansch Indië* (1825–1827) dan kemudian *Flora Javae* (1828–1851), yang terdiri atas 3 volume, yang dilengkapi dengan gambar-gambar berwarna yang indah. Mengikuti rintis yang digunakan Blume, Horner (1839), yang ditemani Muller dan Korthals, mengadakan perjalanan ke rawa Cibereum, air terjun Cikundul sampai ke Kandang Badak dan tinggal selama lima hari di puncak G. Gede. Di dekat Kandang Badak, mereka menemukan aliran lava mengggunung yang gundul dan hanya ditumbuhi beberapa *Rhododendron retusum*. Lava mengggunung tersebut dinamai Gunung Batu. Tidak banyak dituliskan tentang vegetasi, tetapi uraiannya tentang geomorfologi sangat bermanfaat.

Pengetahuan paling lengkap tentang vegetasi dan tumbuhan pegunungan Jawa disumbangkan oleh Franz Wilhelm Junghuhn (1809–1864), seorang dokter ahli bedah yang juga anggota Komisi Ilmu Pengetahuan Alam, yang sebagian besar hidupnya dibaktikan untuk menjelajahi Jawa. Banyak orang beranggapan bahwa Junghuhn adalah orang yang pertama mendaki sampai puncak G. Gede dan G. Pangrango, tetapi menurut Docters van Leeuwen (1933), sebenarnya orang yang pertama mencapai puncak tersebut, 18 tahun sebelum Junghuhn, adalah Kuhl dan van Hasselt. Junghuhn berulang kali mengunjungi G. Gede-Pangrango dan menerbitkan pertelaan rinci dari kunjungannya ini dalam “*Streitzüge durch die Wald-Gebirge G. Pangrango, Mandelawangie und Gede unternommen im Jahre 1839*”. Uraian ini meliputi botani, meteorologi, topografi, dan geologi. Pada 1 April 1839, Junghuhn memulai pendakian menuju puncak dari Bojong Keton di lereng sebelah barat G. Pangrango. Ia mencapai pinggir dinding kawah kuno dan dapat melihat kerucut Pangrango yang menakjubkan. Ia mempertelakan bahwa pohon-pohon di tepi dinding kawah tua itu kaku, bengkok, dan berbuku-buku dengan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



daun-daun kecil yang menjangat dan terkumpul di ujung ranting sehingga memberi kesan seperti lingkungan “alpin”. Di puncak Pangrango, ia menjumpai hutan *Leptospermum polygalifolium* yang ditembus oleh rintis-rintis badak yang malang-melintang ke segala arah.

Pada tanggal 9 November 1839, Junghuhn menjumpai seekor badak di alun-alun G. Gede. Pada hari berikutnya pada tanah datar di puncak G. Pangrango, ia menemukan sebagian hutan ditebang habis oleh Teysmann, kurator Kebun Raya, untuk ditanami anakan pohon apel, pir, aprikot, dan persik (*peach*). Penebangan ini membuat Junghuhn sangat kecewa dan dalam tulisannya, ia mengusulkan agar penebangan hutan di atas ketinggian 1.500 m dilarang untuk menjaga fungsi utama hutan dalam hidrologi kawasan. Ia adalah seorang pencinta alam sejati, yang menyesalkan terjadinya penebangan hutan, terutama di bagian timur Jawa, yang menyebabkan pembentukan dan perluasan padang alang-alang dan lahan terbuka.

Hasil pengamatan lapangannya tentang vegetasi, lanskap, meteorologi, geologi, topografi, fisiografi, dan paleontologi diterbitkan dalam bukunya yang berjudul *Topographische und naturwissenschaftliche Reisen durch Java* (1845), dan 4 volume buku utamanya yang terbit kemudian, yang berjudul *Java, zijn gedaante, zijn plantentooi en inwendige bouw* (ed.1, 1850–1854, ed.2, 1853–1854), serta dalam berbagai artikel lepas. Dalam publikasinya Junghuhn menyebut Mandalawangi, yang sekarang disebut Pangranago. Koleksi herbarium Junghuhn yang sangat penting, dipertelakan oleh para pakar, dengan arahan Miquel, dalam *Plantae Junghuhnianae* (1851–1856) dan dalam karya Miquel sendiri yang berjudul *Flora Indiae Batavae* (1854–1859). Junghuhn juga bersilang pendapat dengan Teysmann mengenai berbagai hal, termasuk nama G. Pangrango lawan G. Mandalawangi, tutupan kabut, embun beku, dan tata-air di puncak.

Menurut Junghuhn letusan tahun 1747–1748 menghancurkan sebagian besar dinding kawah dan hutan sekitar Kandang Badak adalah hutan muda yang berumur tidak lebih dari 92 tahun. Sementara itu Docters van Leeuwen (1933) menegaskan bahwa letusan tahun 1840 menghancurkan vegetasi di bawah tepi kawah. Meski-

pun lapisan abu mencapai kedalaman dua kaki (± 66 cm) menutup tempat tersebut sampai ke Kandang Badak, tumbuhan tidak banyak terpengaruh dan tetap hidup.

Junghuhn membuat sebuah sistem zonasi vegetasi berdasarkan elevasi, dengan spesies khas yang mencirikan setiap zona dan menguraikan tipe vegetasi dan ekologi berbagai spesies di berbagai tempat. Deskripsi vegetasinya cukup baik dan uraian tentang vegetasi hutan subalpin bawah dikutip dalam pertelaan di bawah ini. Ia juga orang pertama yang menguraikan perbedaan antara flora Jawa Timur dan Jawa Barat.

Sebagai pencinta gunung yang fanatik, Junghuhn membuat tulisan sangat puitis tentang gunung-gunung, yang seyogyanya dibaca oleh para ilmuwan botani dan pencinta alam. Steenis dkk., (1972, 2006) mengutip satu kalimat dalam pengantar buku Junghuhn *Java* “Rasa rindu saya menggumpal dan dengan penuh damba saya nantikan datangnya hari saat saya dapat kembali berkata: “*Salam bagimu, wahai gunung-gunung!*” Ia meninggal di Lembang, Jawa Barat, pada tahun 1864 (Steenis-Kruseman, 1950).

Korthals (1848), botaniwan dari Herbarium Leiden dan anggota Komisi Ilmu Pengetahuan Alam untuk Hindia Belanda, menjelajahi seluruh wilayah Hindia Belanda pada tahun 1830–1837. Dalam kunjungannya ke G. Gede-Pangrango pada bulan Agustus 1831, ia membuat uraian yang terperinci tentang flora pada lereng berbatu bagian atas kawah G. Gede.

Pada tahun 1861, Sir Alfred Wallace (1869) mengunjungi dan menguraikan dengan bagus vegetasi puncak G. Pangrango, Kandang Badak, dan kawah G. Gede. Ia juga mengutip daftar tumbuhan yang dibuat Motley, botaniwan Inggris, yang mengadakan eksplorasi di G. Gede pada tahun 1854. Ia menegaskan bahwa kehadiran marga tumbuhan belahan bumi utara dalam vegetasi tropik pada elevasi lebih rendah tidak dapat dijelaskan dengan pemencaran biji oleh agen pemencar, tetapi hanya dapat diterangkan dengan teori Darwin. Teori ini menyatakan bahwa pada masa glasial tumbuhan tersebut hidup di daerah rendah dan pada masa es mencair, iklim lebih panas



dan mendesak tumbuhan tersebut ke tempat yang lebih dingin pada elevasi yang lebih tinggi.

Menurut Steenis & Steenis-Kruseman (1953), Beccari, seorang ahli biologiwan Italia, beberapa kali menjelajahi G. Gede-Pangrango sampai ke puncaknya. Ia menguraikan flora dan fauna puncak dalam bukunya *Malesia* volume 1. Ia berpendapat bahwa biji spesies disebarkan sampai ke puncak oleh burung dan angin. Ia tidak sependapat dengan gagasan bahwa tumbuhan ini merupakan relik dari vegetasi gunung-gunung masa lalu.

Massart (1895) mengadakan ekspedisi ke G. Gede-Pangrango dan memperlakukan flora dan hutan primer dari Cibodas sampai ke puncak Pangrango serta vegetasi terana di dataran tinggi puncak. Ia tidak sependapat dengan Wallace tentang asal spesies tumbuhan gunung dari marga belahan bumi utara. Ia menegaskan bahwa beberapa marga gunung ini tumbuh baik di Bogor sehingga mungkin saja spesies tumbuhan marga tersebut berasal dari daerah rendah.

Schimper (1908), seorang mahaguru dan pakar pionir ekologi tropik kondang dari Basel, Swiss, menulis buku yang termashur tentang geografi tumbuhan yang berjudul *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage*. Dalam buku tersebut, ia menyatakan bahwa pada tahun 1856 ia mengadakan koleksi botani dan studi vegetasi pantai dan kawah di Jawa, termasuk G. Gede-Pangrango. Dicatat bahwa perawakan hutan pegunungan mengecil dari puncak sampai sekitar 2000 mdpl dan disebutnya *Krumhomholzwäldchen* (hutan alpin kerdil). Docters van Leeuwen (1933) membantah pernyataan ini dan menegaskan bahwa sampai ke puncak Pangrango pohon-pohon berperawakan normal, kecuali di lembah kawah adakalanya beberapa pohon mengecil. Di beberapa lokasi Schimper mencatat semak alpin diganti dengan stepa alpin (*alpine steppe*), yang ditumbuhi rumput-rumput berdaun sempit. Dari segi spesies tidak ada yang khusus, sama dengan rekaman yang dibuat oleh para peneliti sebelumnya.

Seorang botaniwan Jerman, Giesenhagen (1902), dalam kunjungannya pada tahun 1899, sangat terkesan oleh G. Gede-Pangrango. Ia membuat uraian pendek tentang vegetasi dan melihat

hutan berubah sesuai dengan perubahan elevasi. Sementara itu, Ernst (1909), seorang profesor botani dari Zurich, Swiss, tinggal di Jawa pada tahun 1905–1906 dan menelaah vegetasi alun-alun di G. Gede dan di puncak G. Pangrango. Ia memperoleh kesan kemiripan vegetasi puncak ini dengan vegetasi gunung-gunung tinggi di Eropa. Spesies yang direkamnya tidak berbeda dengan spesies yang dicatat oleh para peneliti lain sebelumnya. Ia merekam banyak spesies lumut dan lumut kerak. Backer (1913) mengamati flora di puncak G. Pangrango dan menyimpulkan adanya gradasi perubahan flora dari flora higrofil di hutan ke flora sklerofil di lembah kawah. Ia juga mencatat bahwa pada elevasi di atas 2.400 mdpl hujan jarang sekali terjadi, sementara evaporasi sangat tinggi sehingga tanah menjadi kering dan sungai-sungai kecil tidak banyak berair. Pada awal abad ke-20 terdapat berbagai catatan tentang vegetasi yang dibuat antara lain oleh Blaauw (1913), Rock (1920), Karny (1922), Dammerman (1925), Schmucker (1926), Schröter (1928), dan Resvoll (1929). Sementara itu, Seifriz (1923, 1924) menulis tentang penyebaran tumbuhan tinggi dan lumut menurut elevasi di G. Gede dan membaginya menjadi empat subzona. Docters van Leeuwen (1933) membuat uraian vegetasi secara kualitatif terutama di sekitar daerah puncak G. Gede-Pangrango dalam kaitannya dengan penelitian tentang biologi tumbuhan dan hewan, sementara Steenis (1941) membuat catatan tentang vegetasi rawa Gayonggong dekat Cibereum.

Melchior Treub, Direktur *'Lands Plantentuin te Buitenzorg* (Kebun Raya Bogor), merancang sebuah proyek *Flore de Buitenzorg* (Flora Bogor) yang mencakup flora hutan mangrove Jakarta sampai ke flora puncak Gunung Gede-Pangrango. Rancangan ini tidak pernah terlaksana sepenuhnya, tetapi J.J. Smith (1905) menulis sebuah karya yang luar biasa dan tidak terduga, yaitu sebuah flora anggrek Jawa yang merekam juga banyak anggrek pegunungan. Koorders, seorang pegawai Jawatan Kehutanan Hindia Belanda, ditempatkan di Herbarium Bogoriense (1911–1937). Ia membuat tiga volume flora Jawa yang berjudul *Exursions flora von Java*, dan satu volume atlas (1913–1937) serta *Flora von Tjibodas* (1918). Ia juga menulis buku untuk mengenal jenis-jenis pohon di Jawa, yang berjudul *Bijdragen tot de kennis der boomsoorten* (1894–1914), dan bersama dengan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Valeton, ia menulis suplemennya yang berupa atlas pohon-pohon berjudul *Atlas der Baumarten im Anchluss an die "Bijdragen tot de kennis der boomsoorten van Jawa"* (Koorders & Valeton, 1913–1918). *Flora von Tjibodas* susunan Koorders (1918) dan buku karya Docters van Leeuwen (1933), *Biology of plants and animals occurring in the higher parts of Mount Pangrango-Gedeh in West Java*, sangat bermanfaat untuk kawasan Gunung Gede-Pangrango. Selain itu, Bruggemann (1927a) membuat katalog yang bagus mengenai tumbuh-tumbuhan di KRC dan juga daftar pohon-pohon, perdu, dan liana dalam hutan dekat KRC (Bruggemann, 1927b). Sunarno dan Rugayah (1992) bersama-sama rekan-rekannya dari Herbarium Bogoriense, Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Bogor, menyusun Flora Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango. Sekarang seluruh flora pegunungan tercakup dalam *Flora of Java* karya Backer & Bakhuizen van den Brink Jr. (1963–1968).

Faber, Kepala Laboratorium Treub (*Foreigner's Laboratory*), Kebun Raya Bogor, meneliti segi ekologi dan fisiologi flora kawah di Jawa (1927). Docters Van Leeuwen (1933), Direktur Kebun Raya Bogor (1918–1932), mengadakan studi jangka panjang tentang hubungan antara hewan dan tumbuhan yang terdapat di daerah-daerah tinggi G. Gede-Pangrango. Ia mengamati iklim, biologi bunga, pemencaran biji dan buah, periodisitas dan segi-segi terkait lainnya. Hasil penelitian ini diterbitkan tahun 1933 dalam buku *Biology of plants and animals occurring in the higher parts of Mount Pangrango-Gedeh in West Java* 1933. Hasil penelitian Docters van Leeuwen ini banyak dikutip dalam tulisan ini, terutama dalam bab tentang biologi tumbuhan. Ia pun mengadakan penelitian di berbagai pegunungan lain di Jawa sebagai perbandingan dan hasilnya diterbitkan dalam berbagai jurnal ilmiah, khususnya yang diterbitkan Kebun Raya (lihat rujukan dan bibliografi Steenis dkk., 1972, 2006). Selain tulisan Docters van Leeuwen (1933) tersebut, rekaman tentang fauna Gede-Pangrango ditulis juga oleh Koningsberger (1911–1915), yang membuat survei fauna di G. Gede, dan mengatakan bahwa reptilia dan amfibia tidak terdapat di sini dan di tempat gundul. Karny (1922) menulis tentang serangga di puncak Pangrango; Dammerman menulis tentang fauna

Buku ini tidak diperjualbelikan.

tanah (1925) dan tentang zoologi sebagai petunjuk ekskursi ke Cibodas dalam Fourth Pacific Science Congress (1929).

Sejak Steenis tiba di Jawa pada Desember 1927, ia banyak mengadakan ekspedisi botani ke gunung-gunung di Jawa, khususnya G. Papandayan, G. Halimun, G. Salak, dan G. Gede-Pangrango. Berpangkal di KRC, ia banyak mengadakan penelitian di G. Gede-Pangrango. Pada kunjungan pertamanya (Steenis, 1928), ia sangat terkesan dengan aneka vegetasi dan flora yang ditemuinya sepanjang perjalanan dari KRC ke kawah dan puncak G. Gede dan G. Pangrango, termasuk hutan lumut, alun-alun yang berawa-rawa, rawa-rawa di bawah air terjun Cibeureum, dan mata air panas di kawasan cagar alam yang bersebelahan dengan KRC. Sejak itu, ia menulis vegetasi dan flora pegunungan yang kemudian diterbitkan sebagai *Mountain Flora of Java* pada tahun 1972. Dalam buku tersebut, ia menguraikan berbagai tumbuhan indah yang diamatinya dan beraneka masalah tentang wujud, ekologi, komposisi hutan primer pegunungan, dan semak subalpin, serta asal-usul dan sebaran spesiesnya di berbagai gunung di Jawa. Ia menyatakan bahwa gunung-gunung di Jawa membentuk "pulau-pulau elevasi" dalam matriks daerah rendah. Di dalam pulau-pulau elevasi ini tumbuh banyak spesies dari marga yang juga terdapat di kawasan beriklim empat musim yang hidup pada ketinggian yang tertutup awan.

KRC mempunyai arti yang sangat penting karena keterkaitannya dengan sejarah dan penelitian tentang tumbuhan pegunungan. Kehadiran KRC tidak dapat dipisahkan dari J.E. Teysmann (1808–1882), seorang ahli taman (kebun) yang sejak 1830 menjabat kurator Kebun Raya Bogor. Selain sebagai kurator ia juga ditugasi untuk menyediakan sayur-mayur Eropa yang segar bagi Gubernur Jenderal Hindia Belanda. Ia membuat eksperimen sejak tahun 1830 di beberapa kebun percobaan pada berbagai elevasi, yaitu di Ciawi (500 mdpl), Cisarua 900 mdpl), Sindanglaya (1.200 mdpl), Cipanas di Istana Gubernur Jenderal (1.100 mdpl), Cibodas (1.450 mdpl), Cibeureum (1.750 mdpl) di sebelah kiri air terjun, Kandang Badak (2.450 mdpl), dan di puncak Pangrango (sekitar 3.000 mdpl) (Teymann, 1855). Sekitar tahun 1839, Junghuhn menemukan tanaman kubis, bunga



kol dan pohon-pohon apel, aprikot dan pir menggantikan tumbuhan asli di Kandang Badak dan puncak Pangrango. Sejak tahun itu pulalah pohon *beech* (*Fagus sylvatica*) mulai ditanam (Coster, 1926).

Steenis dkk. (1972, 2006) dan Docters van Leeuwen (1933) mengemukakan bahwa Teysmann bereksperimen bukan hanya dengan tanaman budi daya dan tanaman hias yang berasal dari daerah bermusim empat, tetapi juga dengan berbagai tumbuhan asli dari Jawa Timur (seperti *Styphelia* dan *Berberis*) yang dipindah-tanamkan, tetapi tumbuhan tersebut gagal berkembang (Teysmann, 1855).

Pemerintah Belanda menugasi Hasskarl, yang menjadi Asisten Kurator Kebun Raya Bogor (1837–1845) untuk meneliti ekologi kina (*Cinchona*). Ia berhasil membawa tumbuhan hidup dari Peru ke Jawa pada tahun 1852. Tumbuhan ini ditanam di kebun percobaan Cibodas. Junghuhn, yang ditugasi menyebarluaskan tanaman kina tersebut, bersikeras untuk menanamnya di dalam hutan, yang dari segi ekologi benar, tetapi ia menghadapi banyak masalah. Sementara itu, Teysmann menanam kina di jalur-jalur terbuka, dan metode ini kemudian diterapkan secara luas.

KRC yang terletak pada lereng timur laut G. Gede-Pangrango diresmikan pada tahun 1852. Pada sekitar tahun 1870, R.H.C. Scheffer, yang pada waktu itu menjabat Direktur Kebun Raya Bogor, membuat rancangan pengembangan KRC seperti bentuknya yang sekarang. Selanjutnya, pada tahun 1900-an, Koorders mencatat posisi, menomori, dan memberi nama pohon-pohon yang terdapat dalam KRC. Pada tahun 1889, Pemerintah Hindia Belanda menyetujui usulan Dr. Melchior Treub, Direktur Kebun Raya Bogor, untuk memperluas KRC dengan sebidang hutan seluas 240 ha yang membentang dari belakang KRC sampai mata air panas pada elevasi 2.000 mdpl. Kawasan ini kemudian dinyatakan sebagai sebuah cagar alam. Pada tahun 1891, dibangun sebuah rumah peristirahatan, laboratorium, herbarium, dan perpustakaan sehingga para peneliti botani yang berkunjung mempunyai fasilitas untuk bekerja. Selanjutnya, sebuah pondok besar didirikan di Kandang Badak pada tahun 1904.

Untuk memperingati satu abad umur Kebun Raya Bogor pada tahun 1917, para ilmuwan dari seluruh dunia mengumpulkan dana

untuk membangun sebuah laboratorium modern di Cibodas, yang diresmikan pada tahun 1920. Pada tahun 1924, sebuah laboratorium lapangan berukuran kecil didirikan di Lebak Saat, dekat Kandang Badak, pada elevasi 2.400 mdpl. Sementara itu, sekitar tahun 1920, untuk memudahkan penelitian biologinya, Docters van Leeuwen membangun sebuah tempat tinggal kecil pribadi di puncak Gunung Pangrango. Di puncak Pangrango, Docters van Leeuwen (1933) menanam beberapa biji tumbuhan yang dibawa dari Hawaii, tetapi hanya *Oenothera* yang hidup. Selain itu, ia juga menanam *Taraxacum campyloides* dekat Lebak Saat dan di puncak Pangrango. *Anemone sumatrana*, yang diambil dari G. Singgalang, Sumatra Barat, *Impatiens* berbunga kuning dari Sumatra dan beberapa tumbuhan *Dendrobium jacobsonii* dari G. Lawu ditanam pada pohon *Cupressus* dekat Kandang Badak.

Pada tahun 1925, Cagar Alam diperluas sampai sekitar 1.200 ha sehingga mencakup puncak G. Gede dan G. Pangrango. Cagar Alam ini dijadikan subjek dan tapak banyak penelitian ilmiah, yang membuat Cibodas tersohor sebagai tempat penelitian biologi tropik dan berharga sekali bagi ilmu pengetahuan global. Berkat berbagai sarana yang sangat baik dan kualitas penelitian yang sangat tinggi, stasiun penelitian ini mempunyai reputasi yang bagus sekali dan tidak mempunyai tandingannya di mana pun juga di kawasan tropik pada waktu itu. Tanpa diketahui alasannya yang jelas, pada 7 Juli 1946, rumah kurator dan laboratorium di Cibodas habis terbakar. Sarana tersebut dibangun kembali pada tahun 1948–1952. Laboratorium serta rumah tamu dibangun dengan bantuan UNESCO.

Kramer (1926, 1933) membuat eksperimen dan meneliti pertumbuhan alam pada berbagai ukuran bukaan kanopi hutan (rumpung buatan) dan ia menjadi pionir dalam bidang ekologi tumbuhan. Setelah Kramer (1926, 1933), Bruggeman (1927b) adalah orang yang berikutnya membuat pencacahan dan penomoran pohon-pohon, perdu, dan liana di hutan G. Gede-Pangrango dekat KRC. Sebelumnya menurut catatan lapangannya, Seifriz (1923, 1924) membuat zonasi vegetasi berdasarkan sebaran tumbuhan, lumut, dan lumut kerak di G. Gede.

Setelah tahun 1950, berbagai penelitian struktur dan komposisi hutan secara kuantitatif dalam petak-petak penelitian permanen pada elevasi 1.400–3.000 mdpl dengan pohon-pohon yang diberi label banyak dilaksanakan, khususnya oleh Meijer (1959), UNESCO (1975), Rollet dkk. (1976), Yamada (1975, 1977), Srijanto (1987), Abdulhadi dkk. (1998), Helmi dkk. (2009), Sadili dkk. (2009), Gunawan dkk. (2011), Rahman dkk., (2011), Widyatmoko dkk. (2011, 2013), Astutik, (2013), Zuhri dan Mutaqien (2013), Rozak dkk. (2016), Hilwan dan Irfani (2018), Rozak dkk. (2016), Nuraeni dkk. (2014), Alhamd dan Rahajoe (2013). Cukup banyak juga mahasiswa dan dosen dari berbagai universitas mengadakan penelitian ekologi hutan di kawasan ini dan memberikan kontribusi ilmiah yang baik, tetapi sayang banyak juga yang data floristiknya kurang dapat diandalkan sehingga nilai ilmiahnya diragukan.

Meijer (1959) membuat petak seluas 1 ha di hutan belakang KRC pada elevasi 1.500 m dan menginventarisasi semua tumbuhan berbunga dan paku-pakuan dari terna kecil, epifit, sampai pohon. Ia mencatat sebanyak 333 spesies yang menunjukkan keanekaragaman spesies yang cukup tinggi. Zuhri dan Mutaqien (2011) kembali meneliti petak ini dan menunjukkan bahwa selama 80 tahun jumlah spesies pohon menurun dari 233 menjadi 166, dan mencatat 165 spesies rekaman baru serta 18 spesies hilang. Pada tahun 1975, UNESCO Jakarta bersama-sama dengan Komisi Nasional MAB (Man and the Biosphere) Indonesia-LIPI dan Lembaga Biologi Nasional-LIPI menyelenggarakan kursus pelatihan regional tentang teknik analisis struktur dan komposisi hutan tropik. Untuk itu, dibuat petak permanen seluas 4 ha. Petak serupa diperbanyak dengan lima buah petak yang masing-masing luasnya 2 ha, dan hasilnya bersama-sama dengan hasil kursus latihan UNESCO dilaporkan oleh Rollett dkk. (1976). Sementara itu, Yamada (1975, 1976a & b, 1977) membuat sederetan petak-petak penelitian dari elevasi 1.600 mdpl di lereng G. Gede sampai 3.000 mdpl di puncak G. Pangrango. Ia menelaah komposisi dan struktur vegetasi mulai dari komunitas tumbuhan di lantai hutan sampai komunitas pohon, serta produksi serasah untuk menunjukkan produktivitas hutan, Srijanto (1987) meneliti dinamika perubahan yang berkembang pada rump-

ang-rumpang yang terbentuk oleh badai yang terjadi pada tahun 1983. Ia melaporkan bahwa banyak jenis-jenis pohon utama hutan pegunungan dapat mempermuda diri dalam rumpang ini. Abdulhadi dkk. (1998) memanfaatkan petak permanen pada elevasi 1.600–2.000 mdpl yang dibuat UNESCO pada tahun 1975 untuk memonitor dinamika perubahan yang terjadi selama 20 tahun. Hasil penelitian ini dilaporkannya dalam pertemuan MAB internasional di Washington, DC. (Abdulhadi dkk., 1998).

Sadili dkk. (2009) membuat analisis kuantitatif fitososiologi vegetasi terna di alun-alun Mandalawangi dan Suryakencana dan semak di tepi kawah di daerah puncak G. Gede dan G. Pangrango untuk melengkapi data kualitatif yang dicatat secara kualitatif oleh para peneliti terdahulu. Terna berkayu *Anaphalis javanica*, rumput *Isachne pangerangensis*, dan *Tripogon filiformis*, serta teki *Carex verticillata* adalah spesies yang mendominasi komunitas di alun-alun, sementara semak kawah dikuasai oleh perdu kerdil, *Vaccinium varingaefolium*. Ternyata flora komunitas di alun-alun dan semak kawah sangat miskin dan komposisi komunitas di alun-alun tidak banyak berubah sejak pertama kali dipertelakan.

Hutan pamah yang masih alami di TNGGP-CBC terdapat pada elevasi 700–1.000 mdpl dan belum banyak diungkapkan secara terperinci. Perekaman floristik telah dilakukan Conservation International Indonesia di Bodogol, dekat Lido, di bagian barat TNGGP-CBC oleh Ismail dkk. (2000). Di tempat yang sama pada elevasi 800 m, Helmi dkk. (2009) menganalisis struktur dan komposisi hutan pamah tersebut dalam petak satu hektare. Dilaporkan bahwa spesies pohon yang tercatat di petak hutan ini sebagian besar adalah spesies hutan pamah yang tidak tercatat dalam flora Gunung Gede-Pangrango (Sunarno & Rugayah 1992; Steenis dkk., 1972, 2006 a & b) dan merupakan data ilmiah baru untuk vegetasi alami TNGGP. Oleh karena itu, hutan Bodogol merupakan hutan transisi antara hutan pamah dan hutan pegunungan yang telah terganggu. Penanaman spesies eksotik kayu Afrika, *Maesopsis eminii*, baik oleh masyarakat maupun oleh Perum Perhutani di sekitar kawasan taman nasional, mengancam kemurnian dan keutuhan keanekaragaman hayati di

dalam vegetasi alami di TNGGP-CBC. Spesies ini telah masuk secara agresif ke dalam hutan melalui invasi rumpang dan tempat-tempat terbuka lain yang diciptakan oleh pohon asli yang tumbang dan penebangan liar. Jenis ini sekarang telah menjadi komponen utama spesies hutan pamah, meskipun dalam petak yang diteliti spesies ini tidak beregenerasi dengan baik karena tidak tersedia tempat yang cocok. Dari pengamatan di luar petak kayu Afrika sudah menyebar luas terutama di sepanjang tepian hutan alami TNGGP. Di Bodogol tampak bahwa buah spesies ini dimakan owa Jawa sehingga pemencaran biji dapat menjangkau daerah yang lebih luas.

B. Penelitian Masa Depan

Pengelolaan yang unik tentang penelitian dan semua upaya pelestarian alam di Cagar Alam Cibodas, yang selama 70 tahun dilaksanakan oleh Kebun Raya Indonesia (yang kemudian menjadi Lembaga Biologi Nasional-LIPI), pada tahun 1967 dialihkan kepada Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango, Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam, Departemen Kehutanan. Tradisi penelitian sebelum Perang Dunia II hendaknya dilanjutkan secara terus-menerus oleh LIPI (Pusat Penelitian Biologi dan KRC) dan lembaga-lembaga lain secara terkoordinasi dan tanpa kendala, meskipun kawasan ekosistem alami di belakang KRC dan lainnya dikelola TNGGP. Demikian pula lembaga-lembaga lain dan universitas didorong untuk berpartisipasi dalam penelitian mengenai berbagai aspek dan di berbagai lokasi di TNGGP. Penelitian harus diatur sedemikian rupa supaya lokasinya tidak bertumpang-tindih, yang saat ini sebagian besar dilakukan di lereng timur laut G. Gede-Pangrango sehingga mengaburkan petak-petak permanen terdahulu. Seperti disampaikan Steenis dkk. (1972, 2006 a & b), flora dan vegetasi di berbagai ekosistem bukan hutan di atas elevasi 2.400 m (ekosistem subalpin) belum banyak diketahui sehingga sangat menarik untuk diteliti.

Penelitian dan pemantauan adalah bagian integral dari cagar biosfer. Para ilmuwan diharapkan tertarik untuk menggunakan

Cagar Biosfer Cibodas sebagai situs penelitian dan pemantauan dengan pertimbangan bahwa:

- 1) Cagar biosfer ini kaya akan data dasar yang bermanfaat untuk perumusan hipotesis dan eksperimen ilmiah baru,
- 2) Fasilitas penelitian tersedia,
- 3) Keamanan petak-petak permanen untuk mendeteksi kecenderungan fluktuasi jangka pendek dan panjang,
- 4) Situs yang baik untuk penelitian antardisiplin, studi perbandingan, dan pertukaran informasi,
- 5) Pengakuan internasional oleh UNESCO dapat membantu dalam pencarian dana penelitian,
- 6) Cagar biosfer pegunungan mempunyai nilai khusus dalam penelitian dan pemantauan dampak perubahan global karena mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan lingkungan. Dalam hal ini, UNESCO telah bergabung dengan 13 organisasi lain dan universitas dalam upaya internasional untuk menelaah dampak perubahan lingkungan dan iklim terhadap ekosistem dan masyarakat di kawasan pegunungan sehingga cagar biosfer pegunungan dapat berfungsi sebagai sistem peringatan awal (*early warning system*). Sebanyak 160 cagar biosfer pegunungan terlibat dalam kegiatan internasional ini di negara berkembang dan negara maju. Program ini dilaksanakan melalui serangkaian pertemuan dan lokakarya yang berorientasi kepada hasil (*product-oriented*) dalam memadukan kegiatan kelompok ilmu-ilmu sosial dan ilmu pengetahuan alam.
- 7) Cagar biosfer juga merupakan situs untuk penelitian multidisiplin dan terintegrasi untuk mengatasi masalah global berdasarkan pendekatan lokal sehingga sesuai dengan kebijakan “*from local to global*”.

1. Penelitian abad 21 yang dilaksanakan dan yang diperlukan

Dalam uraian berikut ini dikemukakan berbagai aspek penelitian dalam bidang botani, meskipun dalam bidang lain, seperti zoologi, dirasakan juga perlu informasi yang lebih mutakhir, tetapi memberi



saran aspek yang perlu diteliti ada di luar cakupan penulisan buku ini. Berikut ini adalah gagasan dan saran penelitian botani yang perlu dilakukan (lihat juga Kartawinata, 2006) yang hasilnya dapat dijadikan landasan untuk pengelolaan TNGGP-CBC serta pendidikan konservasi:

- a) Kartawinata (2006) mengemukakan bahwa pakar ekologi tumbuhan yang mampu mengadakan studi vegetasi hanya sedikit. Tidak jarang ditemukan ilmuwan ekologi tumbuhan yang tidak dapat mengidentifikasi tumbuhan dan mengetahui tumbuhan dengan baik dan untuk identifikasi bergantung kepada parataksonomiwan atau teknisi. Mereka sering menerima hasilnya begitu saja tanpa pemeriksaan ulang secara kritis. Pengajaran dendrologi, taksonomi tumbuhan, dan botani lapangan di berbagai universitas belum cukup memuaskan untuk membuat mahasiswa mampu membuat identifikasi dan melaksanakan studi vegetasi yang hasilnya secara ilmiah dapat diterima dan andal.
- b) Untuk mengurangi ketergantungan identifikasi spesimen tumbuhan yang diperlukan dalam penelitian botani dan vegetasi kepada Herbarium Bogoriense, herbarium di KRC perlu diperkaya lagi dengan koleksi baru dari berbagai bagian TNGGP-CBC, terutama dari vegetasi alami di TNGGP. Herbarium yang lengkap dan terus-menerus di perbarui ini dapat dijadikan landasan untuk berbagai kegiatan ilmiah, penelitian mengenai penyerbukan, pemencaran biji, regenerasi, dan ekologi lainnya, serta pendidikan biologi konservasi Herbarium yang lengkap juga diperlukan untuk merevisi flora Taman Nasional Cibodas (Sunarno & Rugayah, 1992), yang banyak kekurangannya dan melengkapi informasi yang ada dalam flora pegunungan Jawa (Steenis dkk., 1972, 2006a & b).
- c) Hutan pamah yang masih alami di TNGGP-CBC terdapat pada elevasi 700–1.000 m dan belum banyak diungkapkan secara rinci sehingga penelitian perlu digalakkan. Sementara ini, perekaman floristik telah dilakukan di Bodogol, dekat Lido, oleh Conservation International Indonesia di hutan alami di

bagian barat TNGGP (Ismail dkk., 2000) dan komposisi spesies serta struktur hutan oleh Helmi dkk. (2009) dan perputaran hara oleh Rahajoe dkk. (2007).

- d) Steenis dkk. (1972, 2006a & b) menyatakan bahwa flora dan ekologi berbagai ekosistem nir-hutan di atas elevasi 2.400 m (ekosistem subalpin) serta interaksi antara tumbuhan dan hewan dalam penyerbukan, pembuahan, dan pemencaran baru sedikit yang diketahui sehingga sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut.
- e) Penelaahan komposisi floristik dan struktur berbagai komunitas tumbuhan sepanjang gradasi elevasi yang dilengkapi dengan data tanah dan iklim sangat perlu untuk memahami hubungan antara vegetasi dan faktor lingkungan, terutama di lereng selatan dan barat G. Gede-Pangrango.
- f) Studi tentang ekologi komunitas epifit dan liana baru sedikit yang telah dilakukan sehingga perlu digalakkan.
- g) Penelitian ekologi komunitas jangka panjang dalam kaitannya dengan pola dan proses dalam petak-petak permanen di berbagai tipe hutan dan vegetasi lain, yang dilengkapi dengan pengumpulan data meteorologi, sangat diperlukan untuk:
 - 1) Studi berlanjut mengenai laju pertumbuhan meliputi pengukuran berkala diameter semua pohon yang dipetakan, regenerasi, dan mortalitas semai dalam contoh yang representatif dan pencatatan fenologi. Dalam studi ini, semua individu yang ditelaah diberi nomor.
 - 2) Studi dinamika dalam kaitannya dengan struktur kanopi di petak eksperimental baik di hutan alami maupun di hutan tanaman:
 - i. Sebaran rumpang kanopi menurut waktu dan ruang.
 - ii. Efek ukuran rumpang terhadap tanah.
 - iii. Dormansi biji, perkecambahan biji, dan kompetisi semai dalam suksesi rumpang.



- iv. Investigasi terkait saat diaspora datang yaitu setelah pembentukan rumpang atau memang sudah ada di sana dan dibebaskan dari dormansi.
- 3) Studi tentang ekologi suksesi:
- i. Penelaahan tentang perubahan komposisi floristik, struktur, dan kondisi habitat sesuai dengan perubahan waktu.
 - ii. Mencari kejelasan apakah spesies pionir hutan sekunder berkembang dari biji yang dorman dalam tanah atau dari biji yang menginvasi tempat terbuka setelah bukaan itu terbentuk.
 - iii. Penelitian ekologi mengenai restorasi atau pemulihan dan rehabilitasi dengan menerapkan prinsip suksesi untuk memberikan landasan bagi implementasi yang lebih baik dari pemulihan dan rehabilitasi lahan tak berhutan dan vegetasi rusak.
- h) Penelitian autekologi atau ekologi spesies, termasuk fenologi, ekologi reproduksi, biologi perbuahan, ekologi biji, ekologi semai, ekofisiologi, ekologi spesies eksotik yang menginvasi hutan tropik alami, alelopati di hutan alam campuran, serta hubungan antara tumbuhan dan tanah serta ekologi produksi untuk meningkatkan pemahaman dasar mengenai kondisi mineral dan air serta perputaran hara dalam hutan hujan harus segera dimulai.
- i) Pengetahuan tentang interaksi antara tumbuhan dan hewan dalam penyerbukan dan pembuahan tumbuhan masih sangat sedikit. Para biologian Indonesia mempunyai kewajiban untuk secara cermat mempelajari masalah tersebut, yang jelas tidak mudah diatasi. Lokasi terbaik untuk melakukan penelitian itu adalah KRC, yang mempunyai berbagai fasilitas untuk menunjang kerja lapangan.
- j) Penelitian lain yang sudah diinisiasi oleh peneliti KRC bersama tim BBTNGGP perlu dilanjutkan antara lain:

- 1) Upaya peningkatan kualitas tanaman kayu dan buah serta evaluasi dampak agroforestri terhadap masyarakat di Nagrak, Sukabumi,
- 2) Seleksi dan evaluasi jenis-jenis pohon lokal yang berpotensi tinggi dalam sekuestrasi karbon pada ekosistem DTB,
- 3) Penelitian stok karbon dan estimasi biomassa pada beberapa tipe ekosistem di Cagar Biosfer Cibodas,
- 4) Studi ekologi dan kajian suksesi hutan dalam rangka restorasi ekologi,
- 5) Studi tumbuhan invasif (*invasive alien species*) di kawasan zona inti cagar biosfer. Penelitian tentang tumbuhan invasif yang dominan dan diantisipasi akan mendominasi sehingga menghambat pertumbuhan jenis lain atau menjadi masalah pada habitat di masa mendatang, perlu dilakukan dengan melibatkan perguruan tinggi, lembaga penelitian, dan masyarakat peduli lingkungan,
- 6) Kajian tumbuhan obat di zona inti dan *buffer* Cagar Biosfer Cibodas.

2. Penelitian abad 21 untuk konservasi dan keragaman genetik menggunakan kriopreservasi dan teknik molekuler

a. Penelitian konservasi untuk penyimpanan jangka panjang

Banyak spesies asli yang berpotensi namun sulit diperbanyak atau diperbaiki sifatnya dalam program pemuliaan tanaman karena ketidaktersediaan materi tanam pada saat diperlukan untuk studi botani tanpa adanya perubahan genetik. Selain itu, penyimpanan dan pemeliharaan di kebun memerlukan lahan yang luas dan rentan terhadap ancaman bencana alam seperti kebakaran, tumbang karena angin kencang dan banjir. Teknologi yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah preservasi *in vitro* menggunakan teknik kriopreservasi (penyimpanan dalam nitrogen cair, suhu -196°C). Teknik ini memungkinkan menyimpan materi organisme



dan mikroorganismenya dalam jangka tidak terbatas (*unlimited*) tanpa mengalami perubahan genetik. Bagian tanaman yang dapat disimpan sangat bervariasi, yaitu sel suspensi, kalus, embrio, tunas pucuk, tunas aksilar, jaringan meristematik, dan lainnya.

Kriopreservasi telah dicoba pada beberapa jenis tanaman hutan seperti tunas pucuk *Acacia mangium* (Sudarmonowati dkk., 1998), tunas pucuk *Paraserianthes falcataria* (Sudarmonowati dkk., 1998), tunas pucuk cendana (*Santalum album*), tunas pucuk *Eucalyptus urophylla* (Sudarmonowati, 2001), dan jenis lainnya (Sudarmonowati, 1998; Sudarmonowati, 2000; Sudarmonowati dkk., 2012). Penyimpanan dalam nitrogen cair dalam bentuk anther dan pollen yang pernah dilakukan antara lain tanaman *Pometia pinnata* (Sudarmonowati & Rosmithayani, 1998) dan *Aleurites molluccana* (Sudarmonowati dkk., 2002). Penggunaan teknik kriopreservasi sudah banyak dilakukan untuk tanaman pohon buah-buahan seperti apel yang dilakukan dengan menyimpan mata tunas yang dorman dan tunas pucuk (Wo dkk., 2001) dan juga pada tanaman pohon berbiji rekalsitran antara lain alpukat (O'brien dkk., 2020). Penyimpanan bagian tanaman dari spesies asli namun terindikasi mulai terancam punah dan yang dominan namun bijinya rekalsitran yang ada di CBC perlu dilakukan sehingga dapat menunjang program restorasi dan rehabilitasi.

b. Penelitian menggunakan teknik molekuler lain dan Next Generation Sequence (NGS)

Penelitian menggunakan teknik molekuler diperlukan untuk mempercepat hasil sehingga dapat diketahui sejak dini tanpa menunggu pohon dewasa dan berbunga/berbuah. Populasi dan sebaran dapat diketahui dengan cepat menggunakan marka molekuler yang sudah semakin berkembang jumlahnya dan kecanggihannya. Menganalisis keragaman genetik dengan teknik molekuler seperti Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) atau teknologi berbasis Polymerase Chain Reaction (PCR) juga perlu dikombinasikan dengan teknik lain agar analisis lebih akurat (Sudarmonowati dkk., 2012). Perkembangan teknik berbasis molekuler sangat pesat yang awalnya hanya berbasis

biokimia (Sudarmonowati dkk., 2000b; Sudarmonowati dkk., 1997a; Sudarmonowati dkk., 1998) lalu berkembang sejak ditemukan yang berbasis DNA. Penggunaan Next Generation Sequence (NGS) termasuk Whole Genome Sequence (WGS) bukan hanya untuk studi keragaman genetik, populasi genetik, populasi demografi, namun juga untuk mengungkap potensi gen pengatur sifat yang diinginkan untuk perbaikan genetik di masa mendatang karena menghasilkan penanda SNP. Suyama dan Matsuki (2015) menemukan teknik berbasis NGS yang lebih mudah, lebih murah, dan tidak memerlukan kualitas DNA yang bagus.

Beberapa teknik molekuler yang telah banyak digunakan terkait konservasi, keragaman genetik, stuktur populasi, populasi demografi, dan keterkaitannya dengan sifat penting yang potensial untuk perbaikan genetik di masa depan dan status keragaman di masa lalu dengan prediksi hingga ratusan tahun yang lalu dan prediksi keragaman di masa mendatang, antara lain:

- 1) RAPD: walaupun sudah banyak teknologi lain yang lebih akurat dan dapat diulang (*reproducible*) serta lebih modern, teknik ini masih tetap digunakan karena relatif mudah dan lebih murah. Penggunaan penanda RAPD telah dilakukan untuk tanaman kehutanan di Indonesia mulai tahun 1997 (Sudarmonowati dkk., 1997b) mencakup beberapa tanaman hutan (Sudarmonowati dkk., 2001).

Pada tanaman hutan lainnya antara lain *Shorea laevis* dan ulin (*Eusideroxylon zwagerii*), teknik RAPD dapat menunjukkan pola polimorfisme dengan primer tertentu (Sudarmonowati dkk., 2001). Pada tanaman di CBC yang telah dilakukan adalah pada *Castanopsis argentea* (Surya dkk., 2021).

- 2) Microsatellite (Vlasta dkk., 2020): sebanyak 19 penanda mikrosatelit baru untuk mengetahui status keragaman genetik dan struktur genetik dari populasi jenis-jenis lokal endemik *Tofieldia calyculata* (Tofieldiaceae).
- 3) SNIP (Bao dkk., 2020): sebanyak 85 marka *single nucleotide polymorphism* (SNP) baru *Prunus mira* dikembangkan berdasarkan *restriction-site associated DNA sequencing*. Tanaman



ini merupakan tanaman buah sejenis “peach” zaman dahulu yang bernilai ekonomi tinggi yang distribusinya sepanjang Yarlung Zangbo Grand Canyon dan tributary basins di Tibetan plateau. Namun, karena perkembangan pembangunan infrastruktur dan deforestasi, habitat alaminya sangat rusak yang memengaruhi kisaran distribusi, besar populasi, dan dimasukkan dalam Daftar Tanaman Pokok Liar yang dilindungi Tiongkok sebagai jenis *critically endangered* (CE).

- 4) NGS: teknik terbaru ini banyak digunakan dengan pengembangan ke arah teknologi atau metode yang lebih simpel dengan jumlah sampel yang terwakili dan kualitas DNA yang tidak terlalu tinggi, antara lain Teknik MIG-Seq. Gömöry dkk., (2021) yang merangkum hasil penelitian *intraspecific gene flow* dan *homoploid hybridization* pada hibrida *Pinus sylvestris/P. mugo* dan firs menggunakan marka molekuler. Pewarisan sifat secara maternal chloroplast DNA, kejadian kontras struktur geografi dari zona hibrida diteliti dengan membandingkan pohon yang disebarkan oleh angin versus oleh hewan.

Beberapa jenis pohon tropis sedang dianalisis menggunakan teknik ini antara lain *Castanopsis argentea* yang banyak tumbuh di beberapa jalur di Taman Nasional GGP. Keragaman genetik *C. argentea* atau yang dikenal sebagai rambutan hutan atau saninten telah diteliti menggunakan marka molekuler Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPD) dan studi populasi genetik yang lebih komprehensif menggunakan Next Generation Sequencing (NGS) untuk memperoleh struktur populasi selain keragaman genetik, kekerabatan genetik, dan lainnya. Teknik NGS yang digunakan adalah MIG-Seq yang mempermudah analisis karena tidak memerlukan kualitas DNA tinggi dan pembiayaan lebih murah. Hasil sementara RAPD dan MIG-Seq menunjukkan bahwa beberapa pohon induk yang diambil dari beberapa kawasan di zona inti dan penyangga serta yang ada di Kebun Raya Cibodas mengelompok pada kluster tertentu. Klustering populasi *C. argentea* hasil analisis menggunakan RAPD cenderung sesuai dengan hasil analisis

MIG-Seq (Surya dkk., 2021, dalam proses penerbitan; Surya dkk., dalam proses publikasi). Penelitian yang telah dilakukan ini perlu dilanjutkan dengan membandingkan anakan dengan tetuanya serta menemukan sumber tetua anakan yang mungkin tumbuh tersebar agak jauh dari induknya. Selain itu juga diperbandingkan dengan karakter morfologi, terutama daun dari pohon induk dan anakan.

5) DNA barcoding dan environmental DNA (eDNA)

Teknik ini untuk mendeteksi keunikan pola DNA yang mencirikan identifikasi spesies sehingga alur perpindahan termasuk perdagangan dapat terdeteksi. Teknik eDNA memungkinkan menganalisis status keragaman genetik dan aspek konservasi lainnya tanpa menggunakan spesies target langsung, namun menggunakan air atau media lainnya yang diduga tempat tumbuhnya. Penggunaan DNA barcoding untuk mengatasi keterbatasan karakter morfologi yang dimiliki dan dapat mempercepat identifikasi spesies. Sedangkan analisis eDNA dianggap sangat berguna dan unggul untuk deteksi spesies tanpa merusak organisme yang diteliti, terutama untuk jenis yang sangat sulit dan jarang ditemukan di air. Ladin dkk. (2021) meneliti penggunaan teknik eDNA metabarcoding untuk mengukur keragaman mikroba di ekosistem hutan.

Penelitian menggunakan teknik tersebut belum banyak dilakukan di Indonesia untuk tanaman, dan belum dilakukan di CBC. DNA barcoding pada tanaman berbunga di hutan di Sumatra sudah dilakukan oleh Amandita dkk. (2019) dan untuk identifikasi Dipterocarpacea di hutan dataran rendah di Sumatra oleh de Melo Maura dkk. (2019). Penelitian deteksi organisme di lahan basah dan di air yang ada di CBC yang masih terbatas, dapat dipercepat dengan eDNA dan DNA

barcoding untuk identifikasi jenisnya dan untuk menentukan strategi konservasinya.

C. Penelitian Lainnya yang Berdampak ke Area Penyangga dan Area Transisi

Selain penelitian yang sudah diuraikan pada subbab sebelumnya (IX.B.1), penelitian dan kegiatan lainnya yang perlu dilakukan di CBC sebagai “*a concept of site management to harmonize the needs for biodiversity conservation, socio economic development and logistic supports, in order to promote a balanced relationship between human and nature*”, antara lain yang berdampak pada:

- 1) hidrologi dan tatanan ekosistem dan habitat,
- 2) ketersediaan pangan terutama hortikultura,
- 3) keberlanjutan rantai makanan fauna, dan
- 4) ekonomi masyarakat.

Penelitian atau kegiatan tersebut, antara lain:

- 1) Kajian derajat sensitivitas vegetasi dan ekosistem di area inti terhadap area penyangga dan transisi terkait biodiversitas, hidrologi, dan geobiofisika, serta aspek lainnya
- 2) Kondisi (akibat perubahan fisik seperti pengikisan atau pendangkalan) dan kapasitas daya tampung danau, sungai atau sumber mata air yang ada di area inti akibat perubahan iklim sehingga berdampak pengurangan volume atau debit air atau sebaliknya melimpah yang akan mengakibatkan perubahan hidrologi di area penyangga dan transisi antara lain terkait penyediaan air bersih/minum. Akibat yang ditimbulkan yaitu kekeringan, banjir, polusi air atau kualitas air misalnya karena meningkatnya populasi ganggang tertentu. Selama ini area CBS sudah menjadi sumber air untuk diproses sebagai air minum yang sudah dimanfaatkan Aqua dan Pristine. Rawa gambut yang ada perlu diteliti lebih lanjut terkait fauna yang hidup di habitat tersebut agar tidak menjadi sumber Emerging Infectious Disease (EID) bila area dibuka oleh manusia karena keseimbangan

populasi serangga atau fauna pembawa penyakit (zoonosis) terganggu.

- 3) Populasi dan keragaman jenis serangga penyerbuk yang akan berdampak pada produksi buah-buahan dan pangan lainnya. Selama ini produksi stroberi dan buah lainnya serta sayuran dari area ini menjadi andalan masyarakat sekitar hingga Jakarta. Terganggunya serangga penyerbuk yang juga diakibatkan vegetasi alami yang bunganya menjadi sumber makanan pollinator akan menyebabkan berkurangnya pasokan hortikultura dan produknya.
- 4) Populasi dan jenis flora dan fauna kunci yang akan berdampak pada keberlanjutan rantai makanan bila vegetasi di area inti terganggu. Hama dan penyakit tanaman di area penyangga dan transisi akan menjadi masalah bila terjadi ketidakseimbangan populasi dan keragaman jenis vegetasi alami.
- 5) Peningkatan nilai tambah ekosistem dan jenis endemik yang berpotensi untuk pertumbuhan ekonomi. Selain tanaman hias dan produk nonkayu lainnya yang sudah dibudidayakan dan diperjualbelikan secara komersial, masih banyak yang perlu diteliti untuk dimanfaatkan secara berkelanjutan melalui “*breeding*” (persilangan) untuk menghasilkan varietas dan produk baru serta kawasan ekowisata yang edukatif. Pengkajian secara terstruktur dan integrasi dampak ekonomi kawasan dengan status cagar biosfer perlu dilakukan agar pengaruh positifnya terlihat nyata.



BAB X

MERANGKUM UNTUK MELANGKAH KE DEPAN

Kondisi vegetasi G. Gede-Pangrango sudah diketahui sejak masa lalu, dimulai dengan datangnya peneliti pertama kebangsaan Swedia ke G. Gede-Pangrango pada tahun 1743 yang melakukan penjelajahan di kawasan ini dan kemudian diikuti oleh peneliti dunia lainnya. Temuan dan publikasi mereka masih relevan hingga sekarang dan diacu bukan hanya oleh ilmuwan Indonesia atau Asia, namun juga ilmuwan dunia. Temuan yang berkaitan dengan tapak G. Gede-Pangrango, Kebun Raya Cibodas dan lokasi lainnya, yang dijelajahi di masa lampau, ada yang kondisinya masih tetap sama hingga sekarang sehingga CBC sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut.

Kebun Raya Cibodas, yang didirikan pada tahun 1852 dan merupakan laboratorium bagian dari Kebun Raya Bogor pada masa itu, berperan penting dalam sejarah penelitian tumbuhan pegunungan di kawasan tropis. Berdasarkan penelitian di masa lalu yang dilakukan oleh banyak pihak terkait, pertelaan struktur, komposisi jenis, dan perkembangan vegetasi alami diuraikan secara sangat rinci dan lengkap dengan pertelaan umum dalam buku ini. Vegetasi alami CBC terdiri atas: 1) hutan pamah, 2) hutan pegunungan bersama komunitas rawa, danau dan air terjun yang terdapat di dalamnya, 3) vegetasi subalpin yang mencakup hutan subalpin, semak subalpin (dengan bahasan tipe komunitas khusus, termasuk Asosiasi *Vaccinium*

varingiaefolium-Selliguiea feei, Asosiasi *Anaphalis javanica-Tripogon filiformis* dan Asosiasi *Anaphalis javanica-Isachne pangerangensis*), padang rumput subalpin, padang rumput rawa gambut subalpin, vegetasi terna rawa musiman subalpin, vegetasi subalpin pada habitat khusus, yang berupa a) kawah dan solfatara, fumarol, sumur lumpur, mata air panas dan lembah mati, serta b) komunitas suksesi subalpin pada aliran lava tua dan rombakan lereng. Buku ini membahas pula secara rinci dinamika vegetasi, yang menyangkut perubahan dalam vegetasi, termasuk perubahan internal terkait rumpang (pembentukan dan ukuran, lingkungan dalam rumpang, pola pertumbuhan, dan perubahan populasi pohon) dan suksesi setelah terjadi kerusakan di zona pegunungan dan di zona subalpin. Dikemukakan pula restorasi dan rehabilitasi hutan melalui proses suksesi alami.

Vegetasi alami di TNGGP-CBC membentang dari elevasi 700 m sampai 3.019 mdpl (puncak G. Pangrango), yang sangat beranekaragam sebagai hasil interaksi antara flora dan faktor-faktor lingkungan (elevasi, topografi, fisiografi, geologi, tanah, dan iklim). Hutan pamah terdapat terutama di bagian barat TNGGP-CBC pada elevasi 700–1.000 mdpl. Hutan pada lereng timur laut G. Gede-Pangrango, membentang dari Kebun Raya Cibodas pada elevasi sekitar 1.500 mdpl sampai puncak dua gunung tersebut dan mencakup luas lebih dari 1.200 ha. Hutan ini merupakan Cagar Alam Cibodas-Gede, yang diserahkan oleh Pemerintah Hindia Belanda kepada Kebun Raya untuk menunjang penelitian. Vegetasi yang relatif tidak terganggu membentang dari elevasi 1.500 mdpl sampai di atas 3.000 mdpl. Komposisi vegetasi pada zona yang membentang dari Cibodas sampai puncak Pangrango telah banyak ditelaah secara kualitatif pada abad ke-19 dan awal abad ke-20 dan secara kuantitatif setelah pertengahan abad ke-20. Hutan pamah yang masih alami, belum banyak terganggu dan cukup luas, terdapat di TNGGP-CBC pada elevasi 700–1.000 mdpl. Struktur dan komposisi hutan pamah ini baru diungkap di Bodogol dan hasilnya menunjukkan bahwa jenis-jenis pohon hutan pamah dengan diameter ≥ 10 cm merupakan jenis yang dominan.

Kawasan G. Gede-Pangrango dan KRC merupakan pusaka ilmiah dunia atau *scientific world heritage*. Eksplorasi botani awal dilakukan oleh Thunberg, kemudian Junghuhn. Dalam penelitiannya, Junghuhn membuat sistem zonasi vegetasi berdasarkan elevasi, dengan spesies khas yang mencirikan setiap zona dan menguraikan tipe vegetasi dengan baik terutama vegetasi subalpin. Ia pun menelaah ekologi berbagai spesies di berbagai tempat. Ia merupakan orang pertama, yang menyatakan perbedaan antara flora Jawa Timur dan Jawa Barat pada tahun 1861. Pada masa yang sama, jenis-jenis kina (*Cinchona* spp.) pertama kali diintroduksi ke Indonesia dan ditanam di KRC, sebelum disebarkan ke berbagai perkebunan di wilayah Jawa Barat untuk memproduksi bahan obat anti-malaria. Sir Alfred Wallace termasuk peneliti lainnya yang mengunjungi kawasan Gunung Gede-Pangrango pada tahun 1869 dan menguraikan vegetasi puncak G. Pangrango, Kandang Badak, dan kawah G. Gede. Steenis yang datang pertama kali tahun 1928 mengamati vegetasi dan flora dari kawasan KRC ke kawah dan puncak G. Gede serta G. Pangrango, termasuk hutan lumut, alun-alun yang berawa-rawa, rawa-rawa di bawah air terjun Cibeureum, dan mata air panas di kawasan cagar alam yang bersebelahan dengan KRC. Oleh karena itu, KRC mempunyai arti yang sangat penting karena keterkaitannya dengan sejarah dan penelitian tentang tumbuhan pegunungan. KRC tidak dapat dipisahkan dari J.E. Teysmann yang sejak 1830 menjabat kurator Kebun Raya Bogor. Selanjutnya, publikasi hasil penelitian Docters van Leeuwen pada tahun 1933, serta Steenis dkk. tahun 1972 dan 2006 menjadi acuan vegetasi di kawasan CBC.

Hingga sebelum tahun 1952, flora G. Gede-Pangrango sudah dianggap seluruhnya teramati, tetapi ternyata masih banyak spesies tumbuhan pegunungan yang menarik, yang ditemukan dan diuraikan Steenis dalam Flora Pegunungan Jawa (1972 dan 2006). Spesies yang menarik ini belum dikenal para ahli botani dan terdapat terutama di daerah rawa dan lahan terbuka dalam hutan di lereng timur G. Gede, yang terlihat dari tebing G. Gumuruh. KRC dengan laboratoriumnya dan pohon-pohon berlabel dalam hutan primer yang terletak di belakangnya serta sarana lain yang ada menjadikan



Cibodas sebagai pusat terbaik untuk melakukan riset tentang flora dan ekologi pegunungan.

Kekayaan spesies pohon di hutan pegunungan, dan hutan subalpin pada elevasi 1.000–3.010 mdpl di kawasan G. Gede-Pangrango, terutama di bagian timur, juga sudah diteliti. Flora dalam vegetasi alami TNGGP, yang merupakan zona inti CBBC, sebagian besar adalah spesies asli pegunungan dan sebagian kecil spesies daerah rendah Indonesia, terutama Jawa. Selain jenis asli, terdapat juga spesies asing, yang diintroduksi antara lain oleh Teysmann (kurator KRB) ke G. Pangrango untuk percobaan menanam buah-buahan asal Eropa, misalnya apel (*Malus domestica*). Di daerah subalpin, dengan elevasi 2.400–3.000 mdpl, terdapat 15 spesies introduksi, yang sebarannya terbatas. Spesies introduksi lainnya dibawa dari Hawaii, Peerdia, dan negara lainnya.

Komposisi vegetasi hutan pegunungan (1.000–1.500 serta kisaran 1.500–2.400 mdpl) dan subalpin (> 2.400 mdpl) yang membentang dari Cibodas sampai puncak Pangrango telah ditelaah secara kualitatif pada masa sebelum pertengahan abad ke-19 dan awal ke-20 oleh peneliti asing, serta secara kuantitatif oleh peneliti Indonesia dan juga peneliti Jepang. Pada abad ke-21, penelitian lebih banyak dilakukan oleh peneliti Indonesia. Kekayaan spesies di hutan tua di G. Pangrango lebih besar daripada di hutan yang lebih muda pada lereng G. Gede, yang berkembang dari hutan yang rusak berat karena letusan gunung. Perbedaan komposisi hutan pegunungan dengan hutan pamah dan lainnya juga diuraikan. Sebagian besar spesies di hutan ini mempunyai sebaran terbatas seperti ditunjukkan oleh nilai frekuensi kecil. Hanya sebagian kecil dari spesies pohon mempunyai nilai frekuensi tinggi, seperti *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, dan *Schima wallichii*. Vegetasi di kawasan CBC cenderung stabil dan penelitian terkini mengonfirmasi bahwa jenis pohon pegunungan yang dominan dan paling terkenal adalah *Altingia excelsa*, *Schima wallichii*, *Podocarpus neriifolius*, dan *Dacrycarpus imbricatus*.

Berdasarkan strukturnya dan penilaian secara kualitatif serta kuantitatif hutan pegunungan terdiri atas beberapa lapisan dengan komposisi spesies campuran. Namun, penyimpangan stratifikasi

terjadi di lokasi tertentu. Pelapisan atau stratifikasi hutan di seluruh pegunungan Gede-Pangrango bervariasi, bergantung kepada kondisi setempat, seperti kondisi habitat (topografi, tanah, batuan dsb.) dan gangguan. Spesies yang dominan, dengan kerapatan tertinggi dan mempunyai diameter terbesar, antara lain *Altingia excelsa*, *Castanopsis argentea*, *Castanopsis javanica*, *Dacrycarpus imbricatus*, dan *Schima wallichii*. *Altingia excelsa* merupakan spesies pohon terbesar dengan diameter lebih dari 140 cm, yang pernah tercatat di G. Gede-Pangrango, tetapi jumlah individunya sedikit, sedangkan spesies yang paling tinggi kerapatannya berturut-turut adalah *Schima wallichii*, *Dacrycarpus imbricatus*, dan *Castanopsis javanica*. Jenis pohon *Schima wallichii* menarik karena mempunyai variasi bentuk yang besar (polimorfik) dengan kisaran sebaran pada elevasi 800–2.400 mdpl sehingga spesies pohon ini dapat dikatakan mencirikan hutan pamah atas sampai hutan pegunungan atas.

Dalam daerah hutan pegunungan terdapat juga ekosistem akuatik, termasuk vegetasi rawa Cibeureum dan rawa gambut Gayonggong, vegetasi air panas dan sungai. Namun, ekosistem akuatik di zona inti CBC masih belum banyak diteliti. Di G. Pangrango pada elevasi 2.500 mdpl, lumut tumbuh melimpah dan menutupi tanah, batuan, batang, ranting, dan cabang yang jatuh, bahkan hutan secara keseluruhan. Kekayaan jenis hutan subalpin di G. Gede-Pangrango lebih sedikit daripada hutan pegunungan. Di kawasan subalpin dikenal tipe komunitas hutan, yaitu Asosiasi *Myrsine affinis-Eurya obovata* atau secara singkat disebut Asosiasi *Myrsine-Eurya*. Terdapat beberapa spesies yang khas hanya terdapat di zona subalpin, termasuk *Paraserianthes lophanta.*, *Rhododendron retusum*, dan *Vaccinium varingiaefolium*, yang melimpah dan mempunyai daya tahan tinggi. Flora dan vegetasi di zona subalpin G. Gede-Pangrango hingga saat ini tidak banyak berubah sejak pengamatan Docters van Leeuwen (1933).

Beberapa jalan atau rintisan yang dijelajahi di masa lalu mungkin sekarang tidak tampak lagi, tetapi hutannya masih ada dan uraian vegetasinya sampai saat ini masih berlaku, misalnya dari Kandang Badak ke puncak G. Pangrango dan dari Kandang Badak ke kawah



G. Gede. Pada elevasi 2.400 m, pada titik pertemuan lereng G. Gede dan G. Pangrango di Kandang Badak, pohon tertinggi mencapai 22 m dan hampir semua batang pohon yang tegak tertutup lebat oleh lumut. Hutan terdiri atas empat lapisan. Tipe vegetasi semak terdapat di Gunung Gede pada elevasi 2.514 mdpl dengan substrat yang terdiri atas batu-batu besar berdiameter hingga 2 m. Jenis tumbuhan yang menyusun vegetasi diuraikan, termasuk yang berupa terna tinggi yang tumbuh di antara batuan. Dapat diasumsikan bahwa tipe vegetasi ini tidak akan berubah menjadi hutan subalpin dan akan mempertahankan statusnya sebagai vegetasi semak untuk waktu lama. Terdapat Asosiasi *Vaccinium varingiaefolium*-*Selliguea feei* dan Asosiasi semak *Anaphalis-lumut* subalpin. Jenis dan komposisi vegetasi lainnya juga diuraikan termasuk vegetasi terbuka yang terbentuk oleh letusan terakhir dan telah berubah menjadi hutan kembali. Berbagai aspek dari alun-alun tidak berubah sejak diuraikan oleh Junghuhn (1845) serta di kawasan puncak G. Gede-Pangrango.

Hasil penelitian kuantitatif mutakhir menguatkan hasil-hasil penelitian kualitatif terdahulu, termasuk asosiasi di Mandalawangi, Suryakencana, dan semak tepi kawah. Vegetasi tersebut sangat miskin dan tidak banyak berubah dibandingkan pengamatan tahun 1841 dan 1933, meskipun beberapa spesies tidak lagi ditemukan sekarang. Terdapat indikasi komunitas di alun-alun Mandalawanagi dan Suryakencana diinvasi oleh spesies pohon, yang perlu untuk diklarifikasi lebih lanjut dengan pemantauan dan penelitian dinamika ekologi berjangka panjang.

Vegetasi padang rumput rawa gambut yang terdapat pada elevasi 2.000–3.500 mdpl. tidak extensif, mempunyai sebaran agak terbatas, dan merupakan komponen dan varian lokal dari Asosiasi *Anaphalis javanica*-*Isachne pangerangensis* di alun-alun Mandalawangi dan Asosiasi *Anaphalis javanica*-*Tripogon filiformis* di alun-alun Suryakencana. Vegetasi terna rawa banyak terdapat di pegunungan tinggi dengan elevasi lebih dari 3.000 mdpl, dan di Jawa terdapat antara lain di G. Pangrango. Selain itu juga ada vegetasi subalpin pada habitat khusus, yaitu kawah dan solfatara, fumarol, sumur lumpur, mata air panas, dan lembah mati.

Pada elevasi di atas 2.000 mdpl, di G. Gede-Pangrango solfatara tidak terlalu banyak. Di G. Pangrango, yang sudah mati beribu tahun yang lampau, pada rombakan lereng, yang membentang antara elevasi 2.300–3.000 mdpl, proses suksesi berakhir dengan hutan klimaks. Terdapat juga komunitas pionir yang didominasi *Gleichenia* (paku andam) dan terdapat di sekitar puncak, yang tampak dari jauh berwarna hijau lebih muda dari komunitas sekelilingnya.

Dinamika vegetasi, yang dicerminkan oleh fluktuasi dan suksesi, juga diteliti di GGP. Eksperimen tentang regenerasi dalam rumpang dari berbagai ukuran dilakukan di hutan primer G. Gede dalam kaitannya dengan pencarian teknik yang baik untuk eksploitasi hutan alami. Rumpang besar tidak mendukung regenerasi pohon asli dan mendorong berkembangnya komunitas hutan sekunder. Iklim mikro sangat fundamental untuk perkecambahan biji, perkembangan semai dan sifat-sifat regenerasi hutan, namun penelitian mengenai iklim mikro di daerah tropik masih sedikit sejak tahun 1926 dan 1933. Di G. Gede-Pangrango, regenerasi pada spesies pohon dominan, seperti *Schima wallichii*, dan *Castanopsis argentea*, berkorelasi negatif dengan luas rumpang yang berpengaruh terhadap kerapatan anak pohon tingkat semai dan pancang.

Perubahan populasi pohon selama 17 tahun menunjukkan bahwa 51% dari spesies hanya memperoleh kenaikan kerapatan satu pohon atau tidak ada sama sekali. Perubahan kerapatan yang signifikan sulit diuji karena sebagian besar spesies hanya mengandung beberapa pohon saja, tetapi populasi dari tujuh spesies (*Castanopsis javanica*, *Lithocarpus pseudomoluccus*, *Persea rimosa*, *Polyosma integrifolia*, *Saurauia pendula*, *Schima wallichii*, dan *Syzygium glabratum*) berkisar dari 10 sampai 43 pohon. Sampai saat ini belum banyak penelitian suksesi secara eksperimental yang dilakukan di G. Gede-Pangrango. *Schima wallichii* toleran terhadap cahaya penuh maupun naungan sehingga dapat ditemukan dari daerah rendah sampai pegunungan dengan elevasi 2.400 mdpl. Spesies pohon ini dapat tumbuh sebagai tumbuhan pionir, tumbuhan penyusun belukar muda dan tua, dan bahkan sebagai salah satu komponen hutan primer, walaupun penelitian menunjukkan biji *Schima wallichii* ini tidak dapat tumbuh di tempat terbuka dengan cahaya penuh.



Spesies paku-pakuan lain yang merambat dan menjalar dan merupakan spesies pionir yang agresif. Dalam vegetasi utama di atas elevasi 2.000 m pembakaran dan kebakaran di G. Gede-Pangrango merangsang dan mendorong pemencaran dan penyebaran biji serentak berbagai spesies tumbuhan pionir seperti rerumputan, terna, perdu, serta pohon *Casuarina* dan *Paraserianthes* yang tahan api. *Paraserianthes lophantha*, yang berumur pendek dan biasanya sudah mulai melapuk setelah berumur 10 tahun, dapat membentuk komunitas yang lebat, tetapi tidak dapat beregenerasi di bawah naungannya sendiri.

Sebagian besar daerah penyangga kawasan inti CBC, yaitu TNGGP, terdiri atas vegetasi binaan yang mencakup kawasan seluas 53,29% di Kabupaten Sukabumi, 16,91% di Kabupaten Bogor, dan 2443% di Kabupaten Cianjur. Kawasan ini merupakan habitat beberapa fauna penting dan endemik seperti owa Jawa yang tersebar di tujuh lokasi yang mempunyai habitat dengan derajat kecocokan menengah dan tinggi. Sebagian besar habitat ini terdapat di bagian barat, yang termasuk Kabupaten Bogor dan Sukabumi. Sementara itu, kawasan di Kabupaten Cianjur, yang terletak pada elevasi di atas 1.750 mdpl, tidak cocok untuk owa Jawa. Surili (*Presbytis comata*) yang endemik di Jawa ditemukan di hutan pegunungan atas di G. Pangrango pada elevasi 2.600 mdpl, walaupun lebih banyak hidup di hutan pamah sampai hutan pegunungan. Selain itu, fauna penting lainnya adalah Lutung Jawa (*Trachypithecus auratus*) dan macan tutul. Lutung Jawa terdapat di bagian atas gunung dengan elevasi 2.400 mdpl.

Di dalam kawasan TNGGP dan bagian lain dari CBC terdapat banyak lahan yang perlu dipulihkan menjadi ekosistem yang serupa dengan ekosistem aslinya. Upaya untuk memulihkan ke ekosistem asli di CBC sudah dilakukan berbagai pihak sehingga beberapa fauna penting berdatangan. Restorasi dilakukan sejak tahun 2008 di lahan terbuka dengan penanaman jenis asli, seperti *Alstonia scholaris*, *Altingia excelsa*, *Schima walichii*, dan *Toona sureni*, yang setelah 10 tahun telah tertutup dan menjadi habitat satwa liar. Di sekitar TNGGP terdapat hutan produksi yang berupa hutan tanaman milik

PT Perhutani, yang kemudian diserahkan kepada TNGGP sebagai perluasan kawasan konservasi. Di antara hutan tanaman tersebut terdapat hutan tanaman jenis asli *G. Gede-Pangrango*, rasamala (*Altingia excelsa*), di Resort Bodogol.

Monografi ini, juga membahas secara rinci penelitian yang dilakukan dan perlu dilakukan setelah periode tahun 2000. Hasil penelitian banyak dilakukan peneliti Indonesia walaupun juga bekerja sama dengan mitra asing, namun banyak karya yang merupakan hasil dari institusi dan peneliti Indonesia.

Biologi tumbuhan di CBC yang telah diuraikan secara terperinci termasuk: 1) fenologi (fenologi daun, fenologi bunga, dan produksi serasah), 2) penyerbukan, 3) pemencaran biji, termasuk perbanyak tumbuhan (secara konvensional dan bioteknologi), dan 4) simbiosis, termasuk simbiosis dengan mikoriza, bakteri dan jamur makro. Selain vegetasi alami, juga diuraikan hubungan hewan dan tumbuhan yang terdapat di daerah puncak *G. Gede-Pangrango*, yang juga dikaitkan dengan iklim, biologi bunga, pemencaran biji dan buah, periodisitas, serta segi-segi terkait lainnya.

Pola fenologi diteliti berdasarkan pola curah hujan dalam setahun di puncak *G. Pangrango*, yang menyebabkan reaksi gugur daun, pembungaan, dan pembuahan. Pohon yang memproduksi daun secara teratur dan serasah terbanyak, serasah hutan pamah, potensi karbon, nilai potensi cadangan karbon di seluruh TNGGP. Stok karbon tersimpan dan menaksir biomassa di beberapa ekosistem di CBC telah diteliti. Spesies dominan yang mencapai stok karbon tertinggi seperti *Altingia excelsa*, *Castanopsis acuminatissima*, dan *Schima wallichii* sehingga berpotensi untuk digunakan dalam restorasi dan rehabilitasi hutan pegunungan. Tipe-tipe ekosistem di CBC mempunyai kapasitas sekuestrasi gas rumah kaca dan berfungsi sebagai stok karbon sehingga dapat berperan penting dalam penanganan perubahan iklim di Indonesia. Fenologi *Mischocarpus pentapetalus* (*Sapindaceae*), spesies buah yang berpotensi ekonomi di Kebun Raya Cibodas, masa pertumbuhan bunga, dan masa terbaik memanen. Penelitian menyangkut aspek ini perlu diperbanyak.



Data tentang biologi bunga di G. Gede-Pangrango juga dimuat dalam buku ini. Dikaitkan dengan iklim dan cuaca, spesies tumbuhan dikelompokkan menjadi empat kelompok menurut masa berbunga utama. Dikemukakan masa berbunga 19 spesies dengan skor angka kuantitas tumbuhan yang berbunga di puncak G. Pangrango. Masa berbunga spesies dipengaruhi elevasi seperti pada jenis tertentu di GGP pada 2.400 m dibandingkan 3.000 mdpl.

Di G. Pangrango tidak terdapat serangga penyerbuk yang umum ditemukan pada elevasi yang lebih rendah. Di kawasan elevasi tertinggi (di atas 2.400 m) G. Gede-Pangrango, dari 152 spesies asli, 22 di antaranya (14,5%) adalah tumbuhan yang diserbuk oleh angin (anemofili). Rumput-rumputan yang tidak diserbuk angin diserbuk oleh serangga, bunga yang dikunjungi burung ada yang juga menarik serangga. Hanya spesies serangga tertentu seperti *Bombus rufipes* yang tahan suhu rendah dan yang dominan serta paling aktif mengunjungi bunga-bunga walau cuaca buruk, dibandingkan lebah madu (*Apis indica*), yang datang dalam jumlah banyak hanya pada cuaca baik untuk waktu yang sangat pendek. Penyerbuk lain adalah berbagai *Diptera*, seperti lalat bunga (*syrphus flies*). Sebagian besar tumbuhan di puncak G. Pangrango melakukan penyerbukan sendiri (autogami) yang dapat berkembang biak.

Pengetahuan tentang interaksi antara tumbuhan dan hewan dalam penyerbukan dan pembuahan tumbuhan masih sangat sedikit. Hanya Docters van Leeuwen (1933) yang mengadakan penelitian rinci mengenai pemencaran tumbuhan di kawasan atas G. Gede-Pangrango yang menemukan bahwa tumbuhan di pegunungan tinggi dipencarkan oleh air, angin, dan hewan, termasuk burung serta air hujan yang mengalir di parit kecil. Ciri-ciri spesies yang disebarkan oleh media pemencar biji, termasuk jenis hewannya tersebut diteliti. Penyebaran juga secara vegetatif seperti tunas dari rumpang dari spesies rumput di berbagai elevasi termasuk di daerah pamah dengan elevasi kurang dari 1.000 mdpl.

Simbiosis spesies pohon di CBC juga berasosiasi dengan mikroorganismenya seperti mikoriza yang pertama kali ditemukan pada tahun 1897. Koloni bakteri pada daun juga ditemui pada jenis tertentu

serta adanya bakteri endofitik pada tumbuhan tinggi. Ganggang atau algae juga ditemui bersimbiosis dengan lumut kerak dan tumbuhan berbunga jenis tertentu. Sejumlah jamur makro di CBC telah dikoleksi dan dianalisis sifat dan jenis inang khusus serta potensi pemanfaatannya.

Penelitian abad ke-20 dan penelitian topik pendukung yang relevan serta penelitian mendatang perlu dilakukan. Pembahasan tentang penelitian menggunakan teknologi relatif baru termasuk untuk perbanyakkan dan keragamannya dikemukakan dalam buku ini. Penggunaan marka molekuler untuk menginvestigasi biodiversitas, keragaman genetika yang dikombinasikan dengan keragaman morfologi, serta genetika populasi beberapa spesies yang tumbuh di CBC sudah dilakukan dan perlu dipacu lebih intensif dengan cakupan spesies lebih banyak. Penelitian menggunakan penanda Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) telah dilakukan pada sampel *Castanopsis argentea* dan jenis lainnya yang diambil dari enam lokasi di CBC dan masih berlanjut penelitiannya. Penanda RAPD telah berhasil digunakan pada jenis tanaman hutan lain karena lebih cepat (mendeteksi sejak tahapan bibit), lebih mudah, dan biaya lebih murah. Selain penanda molekuler, jenis *Castanopsis argentea*, yang juga berpotensi ekonomi sudah diteliti dengan menggunakan teknologi terkini, yaitu Next Generation Sequence (NGS).

Penelitian untuk mengetahui bahan aktif untuk obat seperti pada daun *Altingia excelsa* menghasilkan apigenin sebagai antibakteri *Staphilococcus faecalis* dan minyak atsirinya juga sebagai antibakteri lainnya. Selain studi morfologi dan habitatnya, penelitian lain telah dilakukan untuk mengungkap potensi kulit batang pulai (*Alstonia scholaris*) di zona inti Cagar Biosfer sebagai obat. Penelitian untuk kegunaan lain masih belum banyak dilakukan.

Hiperdominansi jenis dan biomassa pohon di zona inti juga diteliti oleh tim Kebun Raya Cibodas dan hiperdominansi spesies terjadi di hutan zona inti TNGGP. Empat dari 114 spesies yang teridentifikasi, yaitu *Altingia excelsa*, *Castanopsis acuminatissima*, *Schima wallichii*, dan *Vaccinium varingaefolium*, merepresentasikan 56,96% dari total biomassa pohon yang ada di plot TNGGP.



Penelitian perlu lebih banyak dan intensif dilakukan terkait spesies pohon yang menarik di kawasan CBC, antara lain *Schima wallichii*, *Altingia excelsa*, dan jenis-jenis *Castanopsis*, karena dominansi dan keunikan perkembangannya.

Penelitian terkini tentang karakteristik hutan menyangkut spesies asli atau lokal di Cagar Biosfer Cibodas banyak dilakukan selain penelitian terdahulu. Pengamatan kesintasan dan keragaan terbaik, pertumbuhan satu tahun pertama lima jenis lokal (*Syzygium lineatum*, *Altingia excelsa*, *Alstonia scholaris*, *Schima wallichii*, *Castanopsis javanica*) di area restorasi di zona inti Cagar Biosfer Cibodas juga dilakukan sehingga jenis-jenis ini berpotensi untuk digunakan dalam restorasi hutan.

Metode perbanyak secara konvensional dan secara bioteknologi pada beberapa spesies dibahas dalam buku ini. Metoda konvensional termasuk cangkok dan *grafting* dilakukan pada beberapa jenis asli di CBC, seperti *Castanopsis argentea*. Perbanyak menggunakan stek pucuk seperti pada pusa (*Schima wallichii*, telah dilakukan dengan penggunaan mikoriza *Glomus* sp. Perbanyak secara bioteknologi perlu dipacu terutama untuk jenis-jenis yang sulit memperbanyak sendiri atau yang embrionya sulit berkembang dan perbanyak sangat lambat atau hanya menghasilkan sedikit tunas atau bakal tanaman. Teknik yang berpotensi untuk digunakan dalam perbanyak tanaman antara lain *embryo rescue organogenesis* dan *embryogenesis somatic* seperti yang telah berhasil dilakukan pada beberapa tanaman hutan.

Penelitian di masa mendatang dibahas secara terperinci dalam buku ini, termasuk penelitian ekologi konvensional. Penelitian di masa depan juga perlu mengaplikasikan teknologi modern termasuk marka molekuler dikombinasikan dengan teknologi konvensional dan tepat guna yang mencakup antara lain: (1) kajian fenologi, meliputi antara lain korelasi antara peri kehidupan jenis dan iklim dan interaksi antara tumbuhan dan hewan penyerbuknya (2) tumbuhan dalam ekosistem lahan basah, (3) korelasi pola vegetasi dan faktor habitat, (4) pemantauan dan observasi dinamika vegetasi dalam jangka panjang, (5) biologi dan ekologi jenis-jenis invasif dan jenis

introduksi, (6) perbanyak jenis tumbuhan yang bernilai ekonomi penting dan yang merupakan jenis “*flagship*” di kawasan, (7) jenis-jenis endemik dan terancam punah, (8) keragaman hayati yang mencakup status keragaman genetik untuk dasar penentuan strategi konservasi di masa mendatang, (9) konsevasi sebagai dasar acuan penelitian dan pemanfaatan berkelanjutan, yang perlu dan akan dilakukan akademisi dan peneliti serta pihak lainnya, (10) teknologi DNA *barcoding*, yang sudah berhasil dilakukan pada beberapa jenis, dilanjutkan dan aplikasi *environmental DNA (eDNA)* untuk deteksi status pelestarian jenis perlu dilakukan di CBC.

Agar penelitian selanjutnya lebih terarah dan meningkat, pengelola Cagar Biosfer, terutama pengelola Taman Nasional Balai Besar GGP, perlu menentukan topik penelitian bagi ilmuwan, mahasiswa, dan pihak lain yang akan meneliti sehingga topik penelitian bukan hanya karena kemauan atau ketertarikan peneliti saja, melainkan juga sesuai dengan topik, segi, bidang, dan lingkup yang diperlukan lembaga. Perlu digalakkan kerja sama dengan pihak lain yang terkait secara nasional (di dalam negeri) dan luar negeri, antara lain: (1) pemerintah, termasuk badan penelitian dan pengembangan kementerian dan daerah (2) perguruan tinggi, (3) LSM, (4) pihak swasta, dan (5) komunitas masyarakat. Pelibatan masyarakat perlu ditingkatkan, terutama masyarakat di kawasan penyangga dan kawasan transisi yang perlu diberi pelatihan untuk meningkatkan nilai tambah spesies yang tumbuh di hutan sekitarnya, termasuk hutan di zona inti (TNGGP).

Jaringan internasional, seperti *World Network Biosphere Reserves* (WNBR), yang pada tahun 2021 mencakup 727 cagar biosfer di 137 negara, perlu dimanfaatkan, termasuk jaringan terkait tema spesifik, yaitu cagar biosfer tematik *Highland Biosphere Reserves*. Penelitian di Kawasan CBC dan cagar biosfer lainnya perlu ditingkatkan. Pelibatan generasi muda dalam penelitian di kawasan CBC perlu lebih diintensifkan, termasuk melalui keikutsertaan dalam *MAB Young Scientist Award (YSA)* UNESCO, yang setiap tahun pengajuan proposalnya ditutup pada tanggal 15 Desember.



Penelitian dan pemantauan adalah bagian integral dan merupakan salah satu pilar fungsi cagar biosfer. Berbagai segi, lingkup, dan nilai manfaat untuk masyarakat harus dipertimbangkan agar dapat menarik peneliti, ilmuwan, dan pihak-pihak terkait melakukan penelitian dalam upaya menjawab masalah global berdasarkan pendekatan lokal (*“from local to global”*) di Cagar Biosfer Cibodas dan di CB lain. Fasilitas penelitian yang dapat digunakan dan tersedia di KRC dan Kantor Balai TNGGP, antara lain: (1) Kekayaan data dasar CBC yang bermanfaat untuk perumusan hipotesis dan eksperimen ilmiah baru, (2) Keamanan petak-petak permanen untuk mendeteksi kecenderungan fluktuasi jangka pendek dan panjang, (3) Situs yang baik untuk penelitian antar-disiplin dan multi-disiplin terintegrasi, studi perbandingan, dan pertukaran informasi, (4) Pengakuan internasional oleh UNESCO dapat membantu dalam pencarian dana penelitian, (5) Cagar biosfer pegunungan mempunyai nilai khusus dalam penelitian dan pemantauan dampak perubahan global karena mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan lingkungan sehingga dapat berfungsi sebagai sistem peringatan awal (*early warning system*).

Monografi ini hendaknya diperbarui setiap periode tertentu dengan menampung dan menambahkan hasil penelitian dan eksplorasi mutakhir. Keunikan serta sejarah panjang penelitian flora, fauna, dan ekologi di kawasan CBC akan menarik dengan cepat perhatian peneliti asing. Oleh karena itu, perlu mulai dipikirkan pembagian akses dan keuntungan dari manfaat yang diperoleh. Skema ini perlu disiapkan dan disosialisasikan melalui seminar mingguan atau bulanan instansi terkait, pembagian keuntungan (*ABS= Access and Benefit Sharing*) berdasarkan Protokol Nagoya, yang di Indonesia dituangkan dalam UU No. 11 tahun 2013, serta pelaksanaannya berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.2/MenLHK/Setjen/KUM.1/1/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulhadi, R., Kartawinata, K., & Sukardjo, S. (1981). Effects on mechanized logging in the lowland dipterocarp forest at Lempake, East Kalimantan. *Malaysian Forester*, 44(2/3), 407–418.
- Abdulhadi, R., Mirmanto, E., & Kartawinata, K. (1987). A lowland dipterocarp forest in Sekundur, North Sumatra, Indonesia: Five years after mechanized logging. Dalam A. J. G. H. Kostermans (Ed), *Proceedings of the Third Round Table Conference on Dipterocarps* (hlm. 255–273). UNESCO/ROSTSEA.
- Abdulhadi, R., Srijanto, A., & Kartawinata, K. (1998). Composition, structure, and changes in a montane rain forest at the Cibodas Biosphere Reserve, West Java, Indonesia. Dalam F. Dallmeier & J. A. Comiskey (Eds.), *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling. Conceptual Background and Old World Case Studies* (601–612). Man and the Biosphere Series, vol. 20. The Parthenon Publishing Group.
- Abdulhadi, R., Adhikerana, A., Ubaidillah, R., & Suharna, N. (2000). Preliminary study of the ecological impact of forest fires in G. Massigit, G. Gede-Pangrango National Park, West Java. *Korean J. Ecol.*, 23(2), 125–129.
- Adison, S. E. (2017). *Statistik B. B. Taman Nasional G. Gede-Pangrango*.

- Ajijah, N., Rubiyono, & Sudarsono. (2014). Pembentukan kalus dan embrio somatik kakao menggunakan thidiazuron melalui satu tahap induksi kalus. *Jurnal Littri*, 20(4), 179–186.
- Alaby, M. (Ed.) (1992). *The concise Oxford dictionary of botany*. Oxford University Press.
- Alhamd, L., & Rahajoe, J. S. (2013). Species composition and above ground biomass of a pine forest at Bodogol, Gunung Gede Pangrango National Park, West Java. *Journal of Tropical Biology and Conservation*, 10, 43–49.
- Aliqodra, E. K. (1994). *Dampak rekreasi di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango terhadap penyerapan tenaga kerja sektor informal masyarakat desa sekitarnya*. Tesis Program Pascasarjana, Fakultas Kehutanan, IPB.
- Alves, S. A. O., De Lemos, O. F., Dos Santos Filho, B. G., & Da Silva, A. L. L. (2011). Vitro Embryo Rescue of Interspecific Hybrids of Oil Palm (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2(2).
- Amandita, F. Y., Rembold, K., Vornam, B., Rahayu, S., Siregar, I. Z., Kreft, H., & Finkeldey, R. (2019). DNA barcoding of flowering plants in Sumatra, Indonesia. *Ecology and Evolution*, 9(4), 1858–186. <https://doi.org/10.1002/ece3.4875>
- Andrew, P. (1985). An annotated checklist of the birds of the Cibodas-Gunung Gede nature Reserve. *Kukila*, 2(1), 10–28.
- Andriani, S. (2001). *Daya dukung tanaman keras dan tanaman pangan terhadap perekonomian masyarakat di daerah penyangga Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (studi kasus di Kecamatan Pacet, Warung Kondang dan Cugenang Kabupaten Cianjur, serta kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor)* (Skripsi). Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB.
- Andrianni, D. M., Setyaningsih, M., Susilo, Meitayani, Darma, A. P. (2017). Keanekaragaman dan pola penyebaran insekta permukaan tanah di Resort Cisarua Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. *Bioeduscience*, 1(1), 24–30.
- Anindyawati, T., Saito, K., Tanaka, M., Asano, K., Sukara, E., Matsui, H., & Tomita, F. (2001). Studies on Indonesian endophytic microorganism and their potentials as αglucosidase producers. *Biotechnology for Sustainable Utilization of Biological Resources in the Tropics*, 15,

- 89–97. International Center for Biotechnology Osaka University, Osaka, Japan.
- Anwar, R. (2018a). Apigenin daun rasamala (*Altingia excelsa nornha*) sebagai antibakteri *Enterococcus faecalis*. *Insisiva Dental Journal: Majalah Kedokteran Gigi Insisiva*, 7(2), 37–42.
- Anwar, R. (2018b). Bioactive compound from Rasamala (*Altingia excelsa* Noronha) leaves as c-myc protooncogene expression suppressor of human tongue cancer cell. *Dentino*, III(2).
- Arifin, S. (2007). *Pola aktivitas harian owa jawa (Hylobates moloch Audebert, 1978) di Hutan Rasamala Resort Bodogol Taman Nasional Gunung Gede Pangrango* (Undergraduate thesis). Universitas Ibnu Khaldun.
- Ario, A. (2002). *Laporan tahunan 2001-2002 Stasiun Penelitian Bodogol Taman Nasional Gede Pangrango*. Konsorsium TNGP-CIIP-UI-UNESCO). Conservation International Indonesia.
- Ario, A. (2011). Aktivitas harian owa jawa (*Hylobates moloch* Audebert, 1798) rehabilitan di blok Hutan Patiwel, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Dalam A. Ario, J. Supriatna, N. Andayani (ed), *Owa Jawa: Kumpulan Hasil-hasil Penelitian Owa Jawa di Bodogol Taman Nasional Gunung Gede Pangrango Periode 2000–2010* (13–29). Conservation International Indonesia.
- Ario, A., Priyono, A., Kartono, Prasetyo, L. B., & Supriatna, J. (2019). Pre-release assessment for Javan Gibbon (*Hylobates moloch*) in the Javan Gibbon Center, Mount Gede Pangrango National Park. *Biosaintifika*, 11(1), 15–24.
- Ario, A., Sunarto, & Sanderson, J. (2008). *Panthera pardus melas*. IUCN Red List of Threatened Species. March 2021 –DOI:10.2305/IUCN.UK.2021-2.RLTS.T15962A50660931.en
- Ario, A., Hidayat, E., & Supian. (2009). Protection and monitoring of the endangered species of Javan leopard (*Panthera pardus melas*) in G. Gede-Pangrango National Park, West Java, Indonesia. *Scientific Report*, Conservation International Indonesia.
- Ario, A., Syaepulloh, I. L., Rahmatulloh, D., Maulana, I., Supian, Junaedi, D., Sonandar, D., Yandar, A., Sadili, H., & Yanuar, A. (2020). A preliminary study of bird and mammal diversity within restoration areas in the Gunung Gede Pangrango National Park, West Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Applied Environmental Studies*, 1(2), 34–42.



- Ario, A., Supriatna, J. & Andayani, N. (2010a) Keadaan umum lokasi penelitian. Dalam A. Ario, J. Supriatna, & N. Andayani (Eds.), *Owa Jawa di Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango*. Conservation International Indonesia, Jakarta, 1–12.
- Ario, A., Supriatna, J. & Andayani, N. (2010b). *Owa Jawa di Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango*. Conservation International Indonesia.
- Ario, A., Supriatna, J. & Andayani, N. (Eds.). (2011). *Owa Jawa di Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango*. Conservation International.
- Ario, A., Supian, Hidayat, E., Hidayatullah, R., Gunawan, A., Triprajawan, T., Sopian, I., Zatznika, R. R., Yusup, D. M., Hindrayani, W., Paramesti, R., Mulyanto, A., & Iskandar, D. (2018). Population dynamics and ecology of Javan leopard, *Panthera pardus melas*, in Gunung Gede Pangrango National Park, West Java. *Journal of Indonesian Natural History*, 6, 6–13.
- Ario, A., Syaepulloh, I. L., Rahmatulloh, D., Maulana, I., Supian, Junaedi, D., Sonandar, D., Yandar, A., Sadili, H., & Yanuar, A. (2020). A preliminary study of bird and mammal diversity within restoration areas in the Gunung Gede Pangrango National Park, West Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Applied Environmental Studies*, 1(2), 34–42.
- Arrijani. (2008). Struktur dan komposisi vegetasi zona montana Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango. *Biodiversitas*, 9(2), 134–141.
- Arrijani, Setiadi, D., Guhardja, E., & Qayim, I. (2006). Analisis vegetasi hulu DAS Cianjur Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango. *Biodiversitas*, 7(2), 147–152.
- Arshanti, L. (2001). *Persepsi masyarakat terhadap penggunaan dan pengelolaan lahan daerah penyangga (buffer zone) Taman Nasional Gunung Gede Pangrango* (Skripsi). Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB.
- Arsyad, M.A., Sudarsono, Purwito, A., & Dinarti, D. D. (2013). Pengaruh umur embrio dan jenis media dasar terhadap keberhasilan embryo rescue aren (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr.) secara in vitro. *B. Palma*, 14(1), 20–27.
- Astutik, S. (2013). Peran strategis Indonesia dalam konservasi biocarbon, diversitas tumbuhan dan ekonomi hijau. Dalam *Konservasi biocarbon, lanskap dan kearifan lokal untuk masa depan: Integrasi pemikiran multidimensi untuk keberlanjutan*. Kebun Raya Cibodas.

- Azanella, L. A. (2018). Dieng “membeku”, seperti ini jalannya Dieng Culture Festival 2018. *Kompas.com*. <https://travel.kompas.com/read/2018/08/04/215326427/dieng-membeku-seperti-ini-jalannya-dieng-culture-festival-2018?page=all>
- Baas Becking, L. G. M. (1947). Note on the endophyte of *Gunnerea macrophylla* Bl. *Biol. Jaarb. Dodonaea*, 14, 93–96.
- Backer, C. A. (1913). Sawah-planten. *Trop. Natuur*, 3, 83 & 118.
- Backer, C. A. & D. F. van Slooten (1924) *Geillustreerd Handboek der Javaansche Theekonruiden en Hunne Beteekenis Voor De Cultuur*, Algemeen Proefstation voor Thee, Buitenzorg.
- Backer, C. A., & Bakhuizen Van Den Brink Jr, R. C. (1963–1968). *Flora of Jawa*, 3 Vols. Walters & Noordhoff, Groningen.
- Backer, C. A., & Posthumus, O. (1939). *Varenflora voor Java*. 'S Lands Plantentuin, Buitenzorg.
- Badan Geologi. (2013). *G. Gede-Geologi*. Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 1–8.
- Baker, H. G. (1960). Reproductive methods as factors in speciation in flowering plants. *Cold Spring Harb. Sym. Quant. Biol.*, 24. (Dalam Steenis dkk., 1972, 2006 a & b).
- Baker, H. G. (1978). Chemical aspects of the pollination biology of woody plants in the tropics. Dalam P. B. Tomlinson & H. Zimmerman (Eds.), *Tropical trees as a living system* (57–82). University Press, Cambridge.
- Baker, H. G., & Hurd, P. D. (1968). Intrafloral ecology. *Ann. Rev. Ent.* 13, 385–414.
- Balen, S. Van, Nijman, V., & Sozer, R. (1999). Distribution and conservation of the Javan hawk-eagle *Spizaetus bartelsi*. *Bird Conservation International*, 9, 333–349.
- Bao, W., Ao, D., Wuyun, T., Wang, L., & Bai, Y. (2020). Development of 85 SNP markers for the endangered plant species *Prunus mira* (Rosaceae) based on restriction site-associated DNA sequencing (RAD-seq). *Conservation Genet Resour.*, 12, 525–527. <https://doi.org/10.1007/s12686-020-01140-0>

- Bappenas. (2003). *National document: Indonesian biodiversity strategy and action plan 2003–2020 (IBSAP)*. National Development Planning Agency (Bappenas).
- Barney, G. O. (1980). *The global 2000 report to the President of the U.S. Entering the 21st century. II. The technical report*. Pergamon.
- Basalamah, F., Zulfa, A., Suprobowati, D., Asriana, D., Susilowati, Anggraeni, A., & Nurul, R. (2010). Status populasi satwa primata di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango dan Taman Nasional Halimun Salak, Jawa Barat (*Primate populations in Mountain Gede Pangrango National Park and Halimun Salak National Park, West Java*). *Jurnal Primatologi Indonesia*, 7(2), 55–59.
- Bawa, K. S., McDade, L. A., & Hespenheide, H. (1994). Introduction. Dalam L. A. McDade, K. S. Bawa, H. A. Hespenheide, & G. S. Hartshorn (Eds.), *La Selva: Ecology and natural history of a neotropical rain forest* (3–5). The University of Chicago Press.
- Bazzaz, F. A. & Pickett, S. T. A. (1980). Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 11, 287–310.
- Berlage, H. P. (1949). Regenval in Indonesië (Rainfall in Indonesia). *Verhandelingen No. 37, Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium*.
- Beusekom, C. F. Van (1972). Revision of *Meliosma* (Sabiaceae), etc. *Blumea*, 19, 355–529.
- Birch, C., Newton, A. C., Alvarez-Aquino, C., Cantarello, E., Echeveria, C., Kitzberger, T., Schiappacasse, I., & Garavito, N. T. (2010). Cost effectiveness of dryland forest restoration evaluated by spatial analysis of ecosystem services. *Proceedings National Academy of Sciences USA*, 107, 21925–21930.
- BKSDA. (1986). *Pengembangan daerah penyangga Taman Nasional Gunung Gede Pangrango*. Bidang Konservasi Sumber Daya Alam, Kantor Wilayah Departemen Kehutanan Propinsi Jawa Barat.
- Blaauw, A. H. (1913). *De Tropische Natuur in schetsen en kleuren*. (Dalam Docters van Leeuwen, 1933).
- Bloembergen, S. (1952). A critical study in the complex-polymorphous genus *Schima* (Theaceae). *Reinwardtia*, 2, 133–183.

- Blume, C. L. (1825). Over de gesteldheid van het ebergte Gede. *Verhand. V. h. Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen*, 10, 57. (Dalam Docters van Leewen, 1933)
- Boerema, J. (1926). Typen van den regenval in Nederlandsch-Indie. *Verhandelingen*, 18. *Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium*.
- Boerema, J. (1931). Average number of rainy days in Java and Madoera during the four consecutive for every station driest months of the year. *Verhandelingen*, 23. *Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium*.
- Braak, C. (1920). Het klimaat van den Idjen. Het Idjen Hoogland. *Monogr. V. ed. By the Royal Phys. Soc. Batavia* (Dalam Steenis dkk., 1972; 2006 a & b).
- Braak, C. (1923–1925). Het klimaat van Nederlandsch-Indië. *Verhandelingen*, No. 8. *Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium*.
- Brown, W. H. (1919), The vegetation of the Philippine mountains. The relation between the environment and physical types at different altitudes. *Bur. Sc. Publ., Manila*, 13, 434. (Dalam Steenis dkk., 1972; 2006 a & b).
- Bruggemann, M. L. A. (1927a). *Gids voor den Bergtuin Tjibodas, Sindanglaja*.
- Bruggemann, M. L. A. (1927b). The numbered trees, shrubs and lianes in the forest of Mount Gede near Tjibodas, West java. *Bull. Jard. Bot. Buitenzorg III*, 9, 196–219.
- BTNGGP. (2010). Inventarisasi owa Jawa (*Hylobates moloch*) di dua lokasi (SSWK Bodogol dan SSWK Selabintana) Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Dalam A. Ario, J. Supriatna, & N. Andayani (Eds.), *The Javan Gibbon in the Gunung Gede Pangrango National Park*. Conservation International Indonesia, 126–140.
- Bünning, E. (1947). *In den Waldern Nord-Sumatras*. F. Dümmler. (Dalam Richards, 1996).
- Burgess, P. F. (1969). Colour changes in the forest 1968–1969. *Malay. Nat. J.* 22, 171–173.
- Chelviana A. C., Gultom, D. L., Madao, D. A., Tifen, R. N., Rhenata, Y. C., Yunita, N., & Satia, Y. N. (2019). *Studi morfologi, habitat, dan pemanfaatan pohon pulai (Alstonia scholaris) sebagai tanaman obat*

- di TNGGP, Indonesia. Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Pelita Harapan, 25 hlm.
- Clements, F. E. (1916). Plant succession. An analysis of the development of vegetation. *Carnegie Institution Washington*, 242.
- Comber, J. B. (1990). *Orchids of Java*. Bentham-Morton Trust, Royal Botanic gardens, Kew.
- Coster, C. (1923). Laubereuerung und andere periodische Lebensprozesse in dem trockener Monsun-gebiet Oost Javas. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, 33, 117–189.
- Coster, C. (1926). Die Buche auf dem Gipfel des Pangrango. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, 35, 105–119.
- Dammerman, K. W. (1925). First contribution to the study of tropical soil and surface fauna. *Treubia*, 6, 135.
- Dammerman, K. W. (1929). *Tjibodas, zoology*. Excursion-guide of the Fourth Pacific Science Congress, hlm. 17.
- Djam'an, D. F., Priadi, D., & Sudarmonowati, E. (2006). Penyimpanan benih damar (*Agathis damara* Salisb.) dalam nitrogen cair. *Biodiversitas*, 7(2), 164–167.
- Dendang, B. (2009). Keragaman kupu-kupu di Resort Selabintana Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat (The diversity of butterflies in Selabintana Resort, Gunung Gede Pangrango National Park, West Java). *Jurnal Penelitian dan Konservasi Alam*, 6(1), 25–36.
- Delsman, H. C. (1926). Vogelleven in het oerbosch I. *Trop. Natuur*, 15, 193–197.
- Delsman, H. C. (1927). Vogelleven in het oerbosch II. *Trop. Natuur*, 16, 82–89.
- Delsman, H. C. (1928). Vogelleven in het oerbosch III. *Trop. Natuur*, 17, 26–29.
- De Melo Moura, C. C., Brambach, F., Bado, K. J. H., Krutovsky, K. V., Kreft, H., Tjitrosoedirdjo, S. S., Siregar, I. Z., & Gailing, O. (2019). Integrating DNA barcoding and traditional taxonomy for the identification of dipterocarps in Remnant Lowland Forests of Sumatra. *Plants*, 8(11), 461. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8110461>.
- Demos, T. C., Achmadi, A. S., Handika, H., Maharadatunkamsi, Rowe, K. C., & Esselstyn, J. A. (2017). A new species of shrew Soricomorpha: *Crocidura* from Java, Indonesia: possible character displace-

- ment despite interspecific gene flow. *Journal of Mammalogy*, 98(1), 183–193.
- Derx, H. G. (1950). Diacetyl as a flower-scent. *Ann. Bog.*, 1, 49–52.
- Deshmukh, I. (1992) *Ekologi dan biologi tropik*. Yayasan Obor Indonesia.
- Denslow, J. S. (1987). Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 18, 431–451.
- Docters Van Leeuwen, W. M. (1933). Biology of plants and animals occurring in the higher parts of Mount Pangrango-Gedeh in West Java. *Verh. Kon.Akad. Wet. Adam, afd. II*, 31, 1–278.
- Docters Van Leeuwen, W. M. , (1924). Uit het leven van plantenen dieren op de top van de Pangrango. *Trop. Natuur*, 13, 97 & 152.
- Docters Van Leeuwen, W. M. (1926). Uit het leven van planten en dieren op de top van de Pangrango. *Trop. Natuur*, 15, 57 & 141.
- Docters Van Leeuwen, W. M. (1927). Uit het leven van plantenen dieren op de top van de Pangrango. *Trop. Natuur*, 16, 111 & 185.
- Docters Van Leeuwen, W. M. (1954). On the biology of some Javanese Loranthaceae and the role birds play in their life history. *Beaufortia*, 4, 105–207.
- Dreyfuus, M. M., & Chapela, I. H. (1994). Potential of fungi in the discovery of novel, low molecular weight pharmaceuticals. Dalam V. P. Gullo (Ed.), *The discovery of natural products with therapeutic potential*. Butterworth-Heinemann, 49–80.
- Duckworth, J. W., Robertson, S. I., & Brickle, N. W. (2008) Further notes on Javan Ferret Badger *Melogale orientalis* at Gunung Gede Pangrango National Park, Java. *Small Carnivore Conservation*, 39, 39–40.
- Enright, N. J. (1978). The effects of logging on regeneration and nutrient budget of *Araucaria cunninghamii* dominated tropical rain forest in Papua New Guinea. *Malay. Forester*, 41, 303–318.
- Ernst, A. (1909). Die besiedelungischen Bodens auf Java und Sumatra (*Veg-etationsbilder 7. Reihe, Heft, 1–2, 1–1, taf. 1–4*) (dalam Steenis & Steenis-Kruseman, 1953)
- Evans, G. C. (1966). Temperature gradient in tropical rain forest. *J. Ecol.*, 54, 20P–1P.
- Faber, F. C. Von, (1927). *Die Kraterpflanzen Javas*. Arbeiten aus der Treub-Laboratorium.

- Faegri, K., & Pijl, I. V. D. (1966). *Principles of pollination ecology*. Pergamon.
- Faegri, K., & Pijl, I. V. D. (1979). *Principles of pollination ecology (3rd ed)*. Pergamon.
- Fahri, Sataral, M., Atmowidi, T., & Noerdjito, W. A. (2015). Cerambycidae (Coleoptera) di Pusat Pendidikan dan Konservasi Alam Bodogol, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Indonesia. *Pros. Sem. Nas. Biologi*, 45–50.
- FAO. (1978). *Proposed Gunung Gede-Pangrango National Park management plan 1979–1983*. FAO.
- Fatimah, D. N. (2012). *Aktivitas harian dan perilaku menelisis (grooming) owa jawa (Hylobates moloch Audebert, 1798) di Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Provinsi Jawa Barat* (Undergraduate Thesis). Institut Pertanian Bogor.
- Febrissa, I. (2016). *Aktivitas harian owa jawa remaja (Hylobates moloch Audebert, 1798) di Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Provinsi Jawa Barat* (Undergraduate Thesis). Institut Pertanian Bogor.
- Fithriyani, U. (2007). *Variasi pola pakan antar kelompok owa jawa (Hylobates moloch Audebert, 1798) di Bodogol, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat* (Undergraduate thesis). Universitas Negeri Jakarta.
- Fetcher, N., Oberbauer, S. F., & Strain, B. R. (1985). Vegetation effects on microclimate in a lowland tropical forest in Costa Rica. *Int. J. Biomet.*, 29, 145–155. (Dalam Richards, 1996).
- Fleischer, M. (1900–1922). *Die Muscien der Flora von Buitenzorg*, 4 Vol. Leiden.
- Flenley, J. R., & Richards, K. (Eds.). (1982). The Krakatau centenary expedition: Final Report, Hull, U. K. *Department of Geography, University of Hull, Miscellaneous Series*, 25.
- Fosberg, F. R. (1961). A classification of vegetation for general purposes. *Trop. Ecol.*, 2, 1–28.
- Foster, R. B. (1980). Heterogeneity and disturbance in tropical vegetation. Dalam M. E. Soule & B. Wilcox (Eds.), *Conservation biology: An evolutionary-ecological perspective*. Sinauer.
- FWI/GWF. (2001). *Potret keadaan hutan Indonesia*. Forest Watch Indonesia, Bogor dan Global Forest Watch.

- Giesenhagen, K. (1902). *Auf Java und Sumatra*. Leipzig, hlm. 80 (Dalam Docters van Leeuwen, 1933).
- Gomez-Pompa, A., Whitmore, T. C., & Hadley, M. (Eds.). (1991). *Rain forest regeneration and management*. Man and the Biosphere Series Vol. 6. UNESCO.
- Gömöry, D., Krajmerová, D., Hrivnák, M., Longauer, E., & Schmidtová, J. (2021). From allozymes to NGS: Population genetics of forest trees in Slovakia in the past 40 years. *Biologia*, 76, 2043–2050. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00712-1>
- Griffiths, D. A. (1965). The mycorrhiza of some conifers grown in Malaya. *Malayan Forester*, 28: 119–121.
- Gunawan, W., Basuni, S., Indrawan, A., Prasetyo, L.B., & Soedjito, H. (2011). Analisis komposisi dan struktur vegetasi terhadap upaya restorasi kawasan hutan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *JPSL*, 1(2), 93–105.
- Haberlandt, G. (1910). Eine botanische Tropenreise. *Leipzig, Zweite Auflage*, hlm. 211 (Dalam Docters van Leeuwen, 1933).
- Hall, J. B., & Swaine, M. D. (1980). Seed stocks in Ghaninan forest soils. *Biotropica*, 12, 256–63.
- Handayani, A., Lailaty, I. Q., & Astutik, S. (2019). Evaluasi kesintasan dan pertumbuhan beberapa jenis pohon lokal di area restorasi cagar biosfer Cibodas. *JPSL*, 9(3), 541–548.
- Hardy, F. (1936). Some aspects of cocoa soil fertility in Trinidad. *Trop. Agric. Trin.*, 13, 315–317.
- Hartati, N. S., Priady, D., & Sudarmonowati, E. (2013). Multiplikasi tunas *in vitro* benih asal pohon sengon unggul menggunakan nodal kotiledon. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"* (SNTKK). Solo, 5 Maret 2013.
- Hartati, N. S., Rijadi, S. J., Tatriasari W., Priadi, D., Hermiati E., Suharsono & Sudarmonowati, E. (2007). Aplikasi Teknologi DNA pada Modifikasi Kadar Lignin Kayu untuk Proses Yang Efisien. Makalah Seminar Teknologi Pulp dan Kertas 2007. Savoy Homann Bidakara Hotel, Bandung, 14 Nopember 2007.
- Hasskarl, J. K. (1841). Uitbarsting van den berg Gedeh, geduurende de maanden November en December 1840. *Tijdschr. V. Nederla. Indie*, 4, 241–264. (Dalam Docters van Leeuwen, 1933).

- Helmi, N., Kartawinata, K., & Samsodin, I. (2009). An undescribed lowland natural forest at Bodogol, at the Gunung Gede-Pangrango National Park, Cibodas Biosphere Reserve, West Java, Indonesia. *Reinwardtia*, 13, 33–44.
- Herawan, T., Na'iem, M., Indrioko, S., Indrianto, A., Haryjanto, L., & Widowati, T. B. (2017). Pengaruh jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh pada induksi kalus embriogenik klon cendana (*Santalum album* Linn.). *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 11(2), 151–158.
- Hervianti, M. R. (2001). *Peranan sub sektor produksi tanaman pangan pada perekonomian di daerah penyangga Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (Studi Kasus di Resort Bodogol, Resort Cimande, Resort Goalpara dan Resort Selabintana)*. Skripsi Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB.
- Hidayat, I. W., & Suhendri, Y. (2020). Observation series of flowering and fruiting phenology of *Mischocarpus pentapetalus* (Roxb.) Radlk. (Sapindaceae) in Cibodas Botanic Gardens, 2014–2018. *Buletin Kebun Raya*, 23(3), 196–209.
- Hilwan, I., & Irfani, E. (2018). Pola penyebaran dan regenerasi jenis saninten (*Castanopsis argentea* Blume) di Resort Selabintana, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (Distribution pattern and regeneration of saninten (*Castanopsis argentea* Blume) in Selabintana Resort, Gunung Gede Pangrango National Park. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 9(1), 53–59.
- Hoesen, D. S. H. (1997). *Bank benih: Dalam pengenalan pemberdayaan pohon hutan*. Hadi Sutarno dan Sudibyo (Eds.). PROSEA Indonesia–PROSEA Network Office, Pusat Diklat Pegawai & SDM Kehutanan.
- Holtum, R. E. (1940). Periodic leaf change and flowering of trees in Singapore. *Gardens' Bulletin, Straits Settlements*, 11, 119–175.
- Hoogerwerf, A. (1949). *De Avifauna van Tjibodas en omgeving, (Java)*, Kon. Plantentuin van Indonesie, Buitenzorg.
- Hope, G. S. (1976). Vegetation. Dalam G. S. Hope, J. A. Peterson, I. Allison, & U. Radok (Eds.), *The equatorial glaciers of New Guinea* (112–172). Balkema.
- Horner, L. (1839). Geologische gesteldheid van den vulkaan Gede op Java. *Verhand. V. h. Bataviaasch Gennotschap van Kunsten en Wetenschappen*, 17, 3 (Dalam Docters van Leeuwen, 1933).

- Hubbell, S., & Foster, R. (1986). Commonness and rarity in a neotropical forest: Implications for tropical tree conservation. Dalam Soule, M. (Ed.), *Conservation biology: The science of scarcity and diversity*. Sinauer Assoc. Inc., Sunderland, MA.
- Ishwaran, N., & Hadley, M. (1989). Ecosystem rehabilitation in the humid tropics: Some issues and challenges. Dalam S. Adisoemarto (Ed.), *Regional workshop ecodevelopment process for degraded land resources in Southeast Asia* (93–102), Bogor, 23–25 Agustus 1988. Indonesian National Committee on MAB Programme and UNESCO Regional Office for Science and Technology for Southeast Asia.
- Iskandar, S. (2007). *Perilaku dan penggunaan habitat kelompok owa Jawa di hutan Rasamala Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango* (Tesis). Universitas Indonesia.
- Ismail, Ermayanti, & Hasibuan, H. (2000). Studi keanekaragaman flora di kawasan Pusat Pendidikan Konservasi Alam (PPKAB), Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango. Dalam E. H. Wahyono & A. Ario (Eds.), *Flora and fauna: An inventory and research technical practice in Bodogol Center of Education and Conservation*. Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango & Conservation International Indonesia Programme.
- IUCN. (2016). *Rules of procedure for IUCN red list assessments 2017–2020*. Version 3.0. Approved by the IUCN SSC Steering Committee in September 2016. <http://cmsdocs.s3.amazonaws.com/keydocuments/Rules of Procedure for Red List 2017-2020.pdf>
- Janse, J. M. (1897). Les endophytes radicaux de quelques plantes Javanaises. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, 14, 53–201.
- Janzen, D. H. (1975). *Ecology of plants in the tropics*. Arnold.
- Johns, R. J., Shea, G. A., & Puradyatmika, P. (2007). Subalpine and alpine vegetation of Papua. Dalam A. J. Marshall, & B. M. Beehler (Eds.), *The ecology of Papua*, Part Two (1024–1053). Periplus.
- Jongh, P. de. (1938). On the symbiosis of *Ardisia crispa* (Thunb.) A. DC. *Verhand. Kon. Ned. Akad. Wet. Sect. II*, 37(6), 1–78.
- Jordan III, W. R., Gilpin, N., & Aber, J. D. (1987). Restoration ecology: Ecological restoration as a technique for basic research' in W. R. Jordan III, N. Gilpin, & J. D. Aber (Eds.), *Restoration ecology*. Cambridge University Press.

- Junghuhn, F. W. (1845). *Topographische und naturwissenschaftliche reisen durch Java*. (Dalam Steenis dkk., 1972; 2006a & b).
- Junghuhn, F. W. (1853–1854). *Java, zijne gedaante, zijn plantentooi en inwendige bouw*, ed. 2 (Dalam Steenis dkk., 1972; 2006a & b).
- Junghuhn, F. W. (1910). *Gedenkboek Franz Junghuhn: 1809-1909*. M. Nijhoff.
- Kadhafi, A. M. (2011). Characteristics preferential studies of Javan Gibbons habitat at Gunung Tilu nature reserve, West Java. Bogor Agricultural University.
- Kagithoju, S., Godishala, V., Kairamkonda, M., & Swamy, N. R. (2013). Embryo culture is an efficient way to conserve a medicinally important endangered forest tree species *Strychnos potatorum*. *Journal of Forestry Research*, 24, 279. <https://doi.org/10.1007/s11676-013-0350-0>
- Kahono, S., & Setiadi, L. K. (2007). Keragaman dan distribusi vertikal kumbang tinja Scarabaeids (Coleoptera: Scarabaeidae) di hutan tropis basah pegunungan Taman Nasional Gede Pangrango, Jawa Barat, Indonesia. *Biodiversitas*, 7(4), 118–122.
- Karny, H. H. (1922). Zum Pipfel des Pangrango (West Java). *Natur*, 13, 297 (dalam Docters van Leeuwen, 1933).
- Kartawinata, K. (1994). The use of secondary forest species in rehabilitation of degraded forest lands. *Journal of Tropical Forest Science*, 7(1), 76–86.
- Kartawinata, K. (1993). A wider view of the fire hazard. Dalam H. Brookfield & Y. Byron (Eds.), *South-East Asia's environmental future: The search for sustainability* (261–266). United Nations University Press.
- Kartawinata, K. (2005). Six decades of natural vegetation studies in Indonesia. Dalam D. Sastrapradja & S. Soemodihardjo (Eds.), *Six decades of science and scientists in Indonesia* (95–140). Naturindo Publications.
- Kartawinata, K. (2006). Enam dasawarsa penelitian vegetasi alami di Indonesia. Dalam D. Sastrapradja & S. Soemodihardjo (Eds.), *Enam dasawarsa ilmu dan ilmuwan di Indonesia* (107–154). Naturindo.
- Kartawinata, K. (2010). *Dua abad mengungkap kekayaan flora dan ekosistem Indonesia*. Orasi Sarwono Prawirohardjo Memorial Lecture. Biro Kerjasama dan Pemasarakatan Iptek, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Kartawinata, K. (2013). *Diversitas ekosistem alami Indonesia*. Yayasan Pustaka Obor & LIPI Press, 124 hlm.

- Kartono, A. P., Prastyono., & Maryanto, I. (2002). Variasi aktivitas harian *Hylobates moloch* (Audebert, 1798) menurut kelas usia di Taman Nasional Gunung Halimun. *Berita Biologi*, 6(1), 67–73.
- Kern, J. H. (1974). Cyperaceae. *Flora Malesiana I*(7), 435–753.
- Kershaw, K. A. (1964). *Quantitative and dynamic ecology*. Edward Arnold Publishing Co. Ltd.
- Kettle, C. J., Ghazoul, J., Ashton, P., Cannon, C. H., Chong, L., Diway, B., Faridah, E., Harrison, R., Hector, A., Hollingsworth, P., Koh, L. P., Khoo, E., Kitayama, K., Kartawinata, K., Marshall, A., Maycock, C., Nanami, S., Paoli, G., Potts, M. D., ... Burslem, D. (2010). Mass fruiting in Borneo: A missed opportunity. *Science*, 330, 584.
- Koelmeyer, K. O. (1959, 1960). The periodicity of leaf change and flowering in the principal forest communities of Ceylon. *Ceylon Forester*, 4, 157–189, 308–364 (dalam Whitmore, 1986).
- Koningsberger, J. C. (1911–1915). *Java Zoölogisch en Biologisch, Buitenzorg*, hlm. 617 (dalam Docters van Leeuwen, 1933).
- Koningsberger, J. C. (1907). Zoologisch wandelingen te Tjibodas, II. Boschvoogels; IV. De fauna van het park; VI. De fauna van den boschrand. *Teysmannia*, 18, 67–76, 267–277, & 395–406.
- Koorders, S. H. (1908). Over de geographische verspreiding, de standplaats voorwaarden end verspeidingmiddelen der de hoogste bergstrekken van Jawa wildgroeierende *Aceraceae*. *Verslag der gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurk. Afdeeling der Kon. Akad. Wet. Adam*, 16, 806 (dalam Docters van Leeuwen, 1933).
- Koorders, S. H. (1911–1912). *Exkursion flora von Java, mit besonderer Berücksichtigung der im Hochgebirge wildwachsenden Arten*. Jena.
- Koorders, S. H. (1914). Floristischer Ueberblick über die Blütenpflanzen des Urwaldes von Tjibodas auf dem Vulkan Gede in West-Java nebst einer Nummerliste und einer systematischen Uebersucht der dort für botanische Untersuchungen von mir nummerierten Wald bäume. *Bot. Jarhb.*, 50, 278–303.
- Koorders, S. H. (1918). *Flora von Tjibodas*. Batavia.
- Koorders, S. H. (1894–1914). *Bijdragen tot de kennis der boomsoorten van Java*. 's-Gravenhage.
- Koorders, S. H., & Valetton, T. H. (1913–1918). *Atlas der Baumarten im Anchluss an die "Bijdragen tot de kennis der boomsoorten van Java"*. Leiden.

- Korthals, P. W. (1848). Waarnemingen aangaarde den berg Gede op Java. *Ned. Kruidkundig Archief*, 1, 117 (dalam Docters van Leeuwen, 1933).
- Kramer, F. (1926). Onderzoek naar de natuurlijke verjonging in den uitkap in Preanger gebergte-bosch. *Med.Proefstation Boschwezen*, 14, 1–182.
- Kramer, F. (1933). De natuurlijke verjonging in het Goenoeng Gedeh complex. *Tectona*, 26, 156–185.
- Küchler, A. W. (1967). *Vegetation mapping*. The Ronald Press Company.
- Kurniati, H. (2002). *Frogs and toads of Ujung Kulon, Gunung Halimun and Gede-Pangrango National Park*. *Berita Biologi*, 6(1), 75–84.
- Kurniawati, N. (2009). Pengamatan aktivitas harian pasangan owa jawa (*Hylobates moloch* Audebert) di Javan Gibbon Center, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat [Undergraduate thesis]. Universitas Indonesia,.
- Kusnanto, K. (2000). *Bentuk-bentuk dan intensitas gangguan manusia pada daerah tepi kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango* (Skripsi). Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB.
- Kusrini, M. D. (Ed). (2007). Frogs of Gede Pangrango: A follow up project for the conservation of frogs in West Java, Indonesia. *Book 1: Main Report. Technical report submitted to the BP Conservation Programme*. Bogor Agricultural University.
- Kusrini, M. D., Eandarwin, W., Yazid, M., Ul-Hasanah, A. U., Sholihat, N., & Darmawan, B. (2007). The amphibians of Mount Gede Pangrango National Park. Dalam M. D. Kusrini (Ed.), *Frogs of Gede Pangrango: A Follow up Project for the Conservation of Frogs in West Java Indonesia. Book 1: Main Report. Technical report submitted to the BP Conservation Programme*. Bogor Agricultural University. 11–31.
- Ladin, Z. S., Ferrell, B., Dums, J. T., Moore, R. M., Levia, D. F., Shriver, W. G., D'Amico, V., Trammell, T. L. E., Setubal, J. C., & Wommack, K. E. (2021). Assessing the efficacy of eDNA metabarcoding for measuring microbial biodiversity within forest ecosystems. *Scientific Reports*, 11(1629), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80602-9>
- Liem, D. S. S. (1971). The frogs and toads of Tjibodas National Park Mt. Gede, Java, Indonesia. *The Philippine Journal of Science*, 100(2), 131–161.

- Little, D. P., Knopf, P., & Schulz, C. (2013). DNA barcode identification of podocarpaceae—The Second Largest Conifer Family. *PLOS ONE*, 8(11), e81008. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081008>
- Lembaga Meteorologi dan Geofisika (LMG). (1969). Tjurah hudjan rata2 di Djawa dan Madura (Mean rainfall in Java and Madura), periode 1931–1960. *Meteorological Note No. 8 Part 1*. Lembaga Meteorologi dan Geofisika.
- Longman, K. A., & Jenik, J. (1987). *Tropical forests and its environment*. 2nd Edition, Longman, London.
- Lugo, A. E. (1988). The future of the forest: Ecosystem rehabilitation in the tropics. *Environment*, 30, 17–20, 41–45.
- MAB Indonesia-LIPI. (2012). *Periodic review of Cibodas biosphere reserve*. The Indonesian MAB UNESCO National Committee, LIPI (Tidak diterbitkan).
- MAB Indonesia, UNESCO, & LBN. (1975). *Regional postgraduate training course on methods in tropical vegetation analysis, Bogor, Indonesia, 1–30 September 1975*. Indonesian National Committee for MAB Programme, UNESCO Regional Office for Science and Technology for Southeast Asia, and Lembaga Biologi Nasional-LIPI (Tidak diterbitkan).
- MAB UNESCO Secretariat. (2019). *Materials for science dialogue*. Paris.
- Mackinnon, J., Phillipps, K., & Van Balen, B. (1992). *Burung-burung di Sumatra, Jawa, Bali, dan Kalimantan*. Puslitbang Biologi-LIPI/ BirdLife-Indonesia Programme.
- Mackinnon, K., Hatta, G., Halim, H., & Mangalik, A. (2000). *Ekologi Kalimantan*. Prenhalindo.
- Marshall, A. J., & Beehler, B. M. (Eds.). (2007). *The ecology of Papua, part two*. Periplus Editions.
- McCune, B., & Grace, J. B. (2002). *Analysis of ecological communities, MJM Software Design*. Gleneden Beach.
- Mashud, N., & Manaroinsong, E. (2007). Teknik kultur embryo untuk pengembangan kelapa kopyor. *Buletin Palma*, 33, 37–44.
- Massart, J. (1895). Un botanisie en Malaisie. *Bull, d. L. Soc. Royale de bot. De Belgique*, 34, 250 (Dalam Docters van Leeuwen, 1933).

- Meyburg, B.-U., Van Balen, S., Thiollay, J.-M., & Chancellor, R. D. (1989). Observations on the endangered Java Hawk Eagle *Spizaetus bartelsi*. Dalam B.-U. Meyburg & R. D. Chancellor (Eds.), *Raptors in the modern world*. WWGBP.
- Meijer, W. (1959). Plant sociological analysis of montane rain forest near Tjibodas, West Java. *Acta Bot. Neerl.*, 8, 277–291.
- Meijer-Drees, E. (1951). Distribution, ecology and silvicultural possibilities of the trees and shrubs from the savanna-forest region in eastern Sumbawa and Timor (Lesser Sunda Islands). *Communication of the Forest Research Institute*, 33, 1–146.
- Miles, J. (1979). *Vegetation dynamics*. Chapman & Hall.
- Monk, K. A., De Fretes, Y., & Reksodihardjo-Lilley, G. (1997). *The ecology of Nusa Tenggara and Maluku*. Periplus Edition.
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons.
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (2016). *Ekologi vegetasi: Tujuan dan metode* (edisi alih bahasa *Aims and methods of vegetation ecology* oleh K. Kartawinata & R. Abdulhadi). LIPI Press & Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Mueller-Dombois, D., & Fosberg, F. R. (1998). *Vegetation of the tropical Pacific Islands*. Springer.
- Muhaimin, M., & Nurlaeni, Y. (2018). Jenis-jenis tumbuhan koleksi Kebun Raya Cibodas sebagai penghasil eksudat dan potensi pemanfaatannya. *Pros. Sem. Nas. Masy. Biodiv. Indon.*, 4(2), 151–157.
- Mutaqien, Z., & Zuhri, M. (2011). Establishing long-term permanent plots in remnant forest of Cibodas Botanic Garden. *Biodiversitas*, 12(4), 218–224.
- Natalia, H. C., & Herdianita, N. R. (2018). Conceptual model and recharge area of geothermal system in Gede-Pangrango and Pancar, based on geothermal and hydrology. *IOP Conf. Sect Earth Environ. Sci.*, 212, 012044.
- Ng, F. S. P. (1978). Strategies of establishment in Malayan forest trees. Dalam P.B. Tomlinson & M. H. Zimmerman (Eds.), *Tropical trees as living systems* (129–162). Cambridge University Press.
- Ng, F. S. P. (1980). The phenology of the yellow flame tree, *Peltophorum pterocarpum*. *Malay. Nat. J.*, 30, 299–306.

- Ng, F. S. P. (1981). Vegetative and reproductive phenology of dipterocarp. *Malay. Forester*, 44, 197–221.
- Nijman, V. (2004). Conservation of the Javan gibbon *Hylobates moloch*: Population estimates, local extinctions, and conservation priorities. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 52(1), 271–280.
- Nijman, V. (2013). One hundred years of solitude: Effects of long-term forest fragmentation on the primate community of Java, Indonesia. Dalam L. K. Marsh & C. A. Chapman (Eds.), *Primates in fragments: Complexity and resilience, developments in primatology: Progress and prospects* (33–45). DOI 10.1007/978-1-4614-8839-2_3, © Springer Science+Business Media New York 2013.
- Nijman, V. (2014). Distribution and ecology of the most tropical of the high-elevation montane colobines: the ebony langur on Java. Dalam N. B. Grow dkk. (Eds.), *High altitude primates, developments in primatology: Progress and prospects* 44. DOI: 10.1007/978-1-4614-8175-1_7. Springer Science + Business Media.
- Nuraeni, E., Setiadi, D., & Widyatmoko, D. (2014). Kajian arsitektur pohon dalam upaya konservasi air dan tanah: Studi kasus *Altingia excelsa* dan *Schima wallichii* di Taman Nasional G. Gede Pangrango. *Jurnal Biologi Indonesia*, 10(1), 17–26.
- O'Brien, C., Hiti-Bandaralage, J., Folgado, R., Hayward, A., Lahmeyer, S., Folsom, J., & Mitter, N. (2020). Cryopreservation for tree species with recalcitrant seeds: The avocado case. *Preprints*, 2020120304. DOI: 10.20944/preprints202012.0304.v1
- Partomihardjo, T., Yusuf, R., Sunarti, S., Purwaningsih, Abdulhadi, R., & Kartawinata, K. (1987). A preliminary notes on gaps in a lowland dipterocarp forest in Wanariset, East Kalimantan. Dalam A. J. G. H. Kostermans (Ed.), *Proceedings of the Third International Round Table on Dipterocarps* (241–253). UNESCO.
- Partomihardjo, T., Mirmanto, E., & Whittaker, R. J. (1992). Anak Krakatau's vegetation and flora circa 1991, with observations on a decade of development and change. *Geo Journal*, 28, 233–248.
- Payne, J., Francis, C. M., Phillips, K., & Kartikasari, S. N. (2000). *Panduan lapangan: Mamalia di Kalimantan, Sabah, Sarawak, dan Brunei Darussalam*. Wildlife Conservation Society (WCS) Indonesia Program.

- PHKA. (2008). *Taman Nasional Gunung Gede Pangrango*. Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam.
- Pijl, I. V. D. (1938). The re-establishment of vegetation on Mt. Goentoer (Java). *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, 48, 129–152.
- Poerba, Y. S. (2007). Studi keragaman genetik pulai [*Alstonia scholaris* (L.) R.Br.] berdasarkan marka random amplified polymorphic DNA. *Berita Biologi*, 8(5), 353–364.
- PPTA. (1966). *Peta tanah tinjau Propinsi Jawa Barat, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Pratiwi. (1987). Analisis komposisi jenis pohon di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. *Buletin Penelitian Hutan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan*, 488, 28–34.
- Priadi, D., & Sudarmonowati, E. (1996). Vitrification of *Acacia mangium* and *Paraserianthes falcataria* shoot tips: Effect of viterification solutions and thawing temperature. *Proceedings of International Workshop on Biotechnology and Development of Species for Industrial Timber Estate* (June, 1995).
- Priatna, D., Kartawinata, K., & Abdulhadi, R. (2006). Recovery of a lowland dipterocarp forest twenty two years after selective logging at Sekundur, Gunung Leuser National Park, North Sumatra, Indonesia. *Reinwardtia*, 12, 237–255.
- Proctor, M. C., & Yeo, P. F. (1973). *The pollination of flowers*. Collins.
- Purnama, B. E. (2021). IAS hutan di Pulau Jawa tinggal 24% dari 128,297 km². *Media Indonesia*, Kamis, 29 Juli 2021.
- Putra, I. P., Nasrullah, M. A., & Dinindaputri, T. A. (2019). Studi keragaman dan potensi pemanfaatan jamur makro di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *Bul. Plasma Nutfah*, 25(2), 77–90.
- Putra, G. G., Mardiasuti, A., & Mulyani, J. A. (2020). Mixed flock of insectivorous birds in Gunung Gede-Pangrango National Park, West Java, Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 457. 01201.
- Purwanto, Y., Prasetya, B., Widyatmoko, D., & Ningrum, C. (Editor). (2013). *Management hulu: Pengelolaan kawasan cagar biosfer Cibodas*. International Center for Interdisciplinary and Advanced Research (ICIAR)-LIPI.

- Purwanto, Y., Hartono, Subagiadi, H., Sukandar, S., Susyafrianto, J., & Munawir, A. (2017). *Pedoman pengelolaan cagar biosfer Indonesia*. Direktorat Kawasan Konservasi, Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Purwanto, Y., Nugroho, H., Rachmadi, A., Lestari V. B., & Lupiyaningdyah, P. (2018). *Laporan ICC MAB UNESCO Sesi ke 30* (Palembang, 23–28 Juli 2018). Komite Nasional Program MAB UNESCO Indonesia, LIPI.
- Raciborski, M. (1898). *Die Pteridophyten der Flora von Buitenzorg*, Leiden.
- Radji, M., Sumiati, A., Rachmayani, R., & Elya, B. (2011). Isolation of fungal endophytes from *Garcinia mangostana* and their antibacterial activity. *African Journal of Biotechnology*, 10, 103–107
- Rahajoe, J. S., Alhamd, L., Fanani, Z., & Muhidin, A. (2007). Produksi gurgur serasah serta dinamika nutriennya selama proses dekomposisi di hutan dataran rendah TN Gn. Gede Pangrango. *Laporan Puslit Biologi, LIPI*. (Tidak diterbitkan).
- Rahajoe, J. S., Alhamd, L., & Hetty, H. (2013). Potensi cadangan karbon dan karbon sekuestrasi di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Dalam Y. Purwanto, B. Prasetya, D. Widyatmoko, & C. Ningrum (Eds.), *Management hulu: Pengelolaan kawasan cagar biosfer Cibodas* (229–238). International Center for Interdisciplinary and Advanced Research (ICIAR)- LIPI.
- Raharjo, B. (2010). Studi populasi dan analisa vegetasi gabitat owa jawa (*Hylobates moloch* Audebert, 1798) di Bodogol Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. Dalam A. Ario, J. Supriatna, N. & Andayani (Eds.), *The Javan gibbon in the Gunung Gede Pangrango National Park*. Conservation International Indonesia. 87–107.
- Rahman, N., & Sudarmonowati, E. (2012). *Robust in vitro* propagation of sandalwood through direct organogenesis. *International Conference on Biotechnology*. 13–14 November 2012.

- Rahman, W., Kurniawati, F., Iskandar, E.A. P., Hidayat, H. W., Widyatmoko, D., & Ariati, S. R. (2011). Survivorship and growth of eight native tree species during the early stages at a restored land within Gede Pangrango National Park, Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Konservasi Tumbuhan Tropika: Kondisi Terkini dan Tantangan ke Depan* (500–505). UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Cibodas–LIPI, 7 April 2011.
- Rambabu, M., Upender, M., Ujjwala, D., Ugandhar, T., Praveen, M., & Swamy, R. (2006). Vitro zygotic embryo culture of an endangered forest tree *Givotia Rottleriformis* and factors affecting its germination and seedling growth. *Vitro Cell. Dev. Biol.—Plant*, 42, 418–421. DOI: 10.1079/IVP2006804
- Redhead, J. F. (1998). Mycorrhiza in natural tropical forests. *Forest Ecology and Management*, 111, 171–179.
- Reinwardt, C. G. C. C. (1823). Over de hoogte en verdere natuurlijke gesteldheid eenige bergen in de Preanger Egenschappen. *Verhandl. v. Bataviaasch Genootschap van. Kunsten em Wetenschappen*, 9, 3. (Dalam Docters van Leeuwen, 1933)
- Renner, O. (1932). Zur Kenntnis der Wasserhaushalts javanischer Kleinepiphyten. *Plants*, 18, 215–287. (Dalam Docters van Leeuwen, 1933).
- Resvoll, T. R. (1929). Krater vegetasijon pa Java. *Naturen*, hlm. 321 (Dalam Docters van Leeuwen, 1933).
- Rey Banayas, J. M. R., Newton, A. C., Diaz, A., & Bullock, M. (2009). Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta analysis. *Science*, 325, 1121–1124.
- Richards, P. W. (1952). *Tropical rain forest*. 1st Edition, Cambridge University Press.
- Richards, P. W. (1983). The three-dimensional structure of tropical rain forest. Dalam S. L. Sutton, T. C. Whitmore, & A. C. Chadwick (Eds.), *Tropical rain forest ecology and management* (3–10). Blackwell.
- Richards, P. W. (1996). *Tropical rain forest*. 2nd Edition, Cambridge University Press.
- Ridley, H. N. (1930). *Dispersal of plants throughout the world*. Reeve.
- Rifai, M. A. (2004). *Kamus biologi*. Balai Pustaka.

- Riswan, S. (1982). *Ecological studies on primary, secondary and experimentally cleared mixed dipterocarp forest and kerangas forest in East Kalimantan, Indonesia* (Disertasi). University of Aberdeen.
- Riswan, S., & Kartawinata, K. (1988a). A lowland dipterocarp forest 35 years after pepper plantation in East Kalimantan. Dalam S. Soemodihardjo (Ed.), *Some ecological aspects of tropical forest of East Kalimantan: A collection of research reports*. Indonesian National MAB Committee Contribution No.48, LIPI, 1–40.
- Riswan, S., & Kartawinata, K. (1988b). Regeneration after disturbance in kerangas (heath) forest in East Kalimantan, Indonesia. Dalam S. Soemodihardjo (Ed.), *Some ecological aspects of tropical forest of East Kalimantan: A collection of research paper*. *MAB Indonesia Contribution 48*, 61–86.
- Riswan, S., & Kartawinata, K. (1989). Regeneration after disturbance in a lowland mixed dipterocarp forest in East Kalimantan, Indonesia. *Ekologi Indonesia*, 1, 9–28.
- Riswan, S., & Kartawinata, K. (1991). Regeneration in a lowland dipterocarp forest in East Kalimantan, Indonesia. Dalam A. GomezPompa, T. C. Whitmore, & M. Hadley (Eds.), *Rain forest regeneration and management* (295–301). UNESCO, Paris.
- Riswan, S., Kentworthy, J. B., & Kartawinata, K. (1985). The estimation of temporal processes in tropical rain forest: A study of primary mixed dipterocarp forest in Indonesia. *Journal of Tropical Ecology*, 1, 171–182.
- Robinson, H. C., & Kloss, C. B. (1924). A nominal list of the birds collected in Java. *Treubia*, 5, 1–3.
- Rock, J. F. (1920). The forest of Mt. Gedeh, West Java. *The Hawaiian Planters Record*, 22, 67.
- Rollet, B., Sukardjo, S., & Noerta. (1976). *Preliminary analysis of a survey in the lower montane rainforest of Cibodas*. UNESCO Regional Office for Science and Technology for South East Asia, (Unpublished Report).
- Roostika, I., Sutanto, A., Edison, & Dewi, N. (2018). Kultur embrio pisang liar *Musa acuminata* ssp. *Sumatrana* yang langka. *J. Hort.*, 28(1), 25–32.

- Rozak, A. H., Astutik, S., Mutaqien, Z., Widyatmoko, D., & Sulistyawati, E. (2016). Kekayaan jenis pohon di hutan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 13(1), 1–14.
- Rozak, A. H., Astutik, S., Mutaqien, Z., Widyatmoko, D., & Sulistyawati, E. (2017). Hiperdominansi jenis dan biomassa pohon di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Indonesia. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11(1). <https://doi.org/10.22146/jik.24903>
- Rustiami, H. (2004). Cagar biosfer Cibodas. Dalam H. Soedjito (Ed.), *Panduan cagar biosfer di Indonesia* (11–34). Panitia Nasional MAB Indonesia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Sadili, A. (2007). *Jenis-jenis anggrek (Orchidaceae) di kawasan hutan alam resort Bodogol, Sukabumi, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat* (Laporan tidak diterbitkan). Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi, LIPI.
- Sadili, A. (2014). Dinamika vegetasi pada petak permanen rasamala (*Altingia Excelsa* Noronha) di Bodogol, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. *Jurnal Biologi Indonesia*, 10(1), 1–9.
- Sadili, A., Kartawinata, K., Kartonegoro, A., Soedjito, H., & Sumadijaya, A. (2009). Structure and composition of subalpine summit habitats on Mt. Gede-Pangrango complex, Cibodas Biosphere Reserve, West Java, Indonesia. *Reinwardtia*, 12(5), 391–404.
- Sadili, A., & Alhamd, L. (2012). Struktur dan komposisi tumbuhan pada hutan rasamala (*Altingia excelsa* Noronha) di Bodogol, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Lingkungan Edisi Khusus “Hari Bumi”*, 61–66.
- Sadili, A., Kartawinata, K., Soedjito, H., & Sambas, E. N. (2018). Tree species diversity in a pristine montane forest previously untouched by human activities in Foja Mountains, Papua, Indonesia. *Reiwardtia*, 17(2), 133–154.
- Sambas, E. N. (2012). *Klasifikasi vegetasi Gunung Endut, Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Banten* (Disertasi), Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sauer, L. J. (1998). *The once and future forest: A guide to forest restoration strategies*. Island Press.
- Schimper, A. F. W. (1908). *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage*, Jena.

- Schmidt, F. H., & Ferguson, J. H. A. (1951). Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia. *Verhandelingen*, 42. Djawatan Meteorologi dan Geofisika.
- Schmidt, F. H., & Vecht, J. V. D. (1952). Eastmonsoon fluctuation in Java and Madura during the period of 1880-1940. *Verhandelingen*, 43. Djawatan Meteorologi dan Geofisika.
- Schmucker, T. H. (1926). Beitrage zur Kenntniss der Hochgebirgsflora Javas und zur Theorie des Pflanzenausbreitung. *Beih. Z. Botan. Centralbl.*, 43, 34 (Dalam Docters van Leeuwen, 1933).
- Schröter, C. (1928). Exkursionen in Ost-Java. *Vierteljahrsch. Naturf. Ges. Zurich 73 Beibl.*, 15, 591–600.
- Seifriz, W. (1923). The altitudinal distribution of plants on Mt. Gedeh, Java. *Bull. Torrey Bot. Club*, 50, 283.
- Seifriz, W. (1924). The altitudinal distribution of lichens and moses on Mt. Gedeh, Java. *J. Ecol*, 12, 307.
- Setia, T. M. (2008). Penyebaran biji oleh satwa liar di kawasan Pusat Pendidikan Konservasi Alam Bodogol dan Pusat Riset Bodogol, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. *Vis Vitalis*, 1(1), 1–8.
- Shafer, A. B. A., Wolf, J. B. W., Alves, P. C., Bergström, L., Bruford, M. W., & Brännström I. 2015. Genomics and the challenging translation into conservation practice. *Trends Ecol. Evol.*, 30, 78–87.
- Silalahi, M. (2019). Botani dan aktivitas Pulai (*Alstonia scholaris*). *Jurnal Pro-Life*, 6(2), 136–147.
- Siregar, U. J., Basyuni, M., Sudarmonowati, E., & Iriantono, D. (1999). Genetic diversity in a *Paraserianthes falcataria* trial in Parung Panjang, Bogor, Indonesia. *Proceedings of National Congress on Genetics*. (18–19 November 1999).
- Siregar, U. J., Hartati, N. S., & Sudarmonowati, E. (2000). Development protocol for RAPD of *Shorea laevis*. *Annales Bogoriense*, 5(2), 85–92.
- Smith, J. J. (1905). *Die Orchideen von Java*. E. J. Brill.
- Smith, J. J. (1928). Zelfbevruchting bij orchideeën. *Natuurk. Tijdschr. Ned. Ind.*, 88, 1–19.
- Smits, W. TH. M. (1983). Dipterocarps and Mycorrhiza: An ecological adaptation and a factor in forest regeneration. *Flora Malesiana Bulletin*, 36, 3926–3937.

- Soedjito, H. (Ed.). (2004). *Pedoman pengelolaan cagar biosfer di Indonesia*. Panitia Nasional MAB Indonesia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Specht, R. L. (1981). Conservation of vegetation types. Dalam R. H. Groves (Ed.), *Australian vegetation* (394–410). Cambridge University Press.
- Srijanto, A. (1987). *Pengaruh rumpang terhadap permudaan alam dan struktur tegakan di hutan hujan tropika pegunungan*. M.Sc. Thesis, Fakultas Pasca Sarjana, IPB.
- Stadtmüller, T. (1987). *Cloud forests in the humid tropics: A bibliographic review*. The United Nations University.
- Staf HB (Herbarium Bogoriense). (2008). *Tentative list of rare species in Indonesia* (Laporan tidak diterbitkan). Herbarium Bogoriense, Pusat Penelitian Biologi-LIPI. Revised by K. Kartawinata, 2008.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1928). Floristische indrukken van Tjibodas. *Trop. Natuur*, 17, 199–207.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1930). Eenige belangrijke plantengeografische vondsten op den Papandayan. II. *Trop. Natuur*, 21, 101–108.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1932). Eenige belangrijke plantengeografische vondsten op den Papandayan. *Trop. Natuur*, 19, 73–91.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1934). On the origin of the Malaysian mountain flora. *Bull. Jard. Bot. Buitenzorg III*, 13, 135–262, 289–417.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1935). Eenige biologische waarneingen op den Papan-dayan. *Trop. Natuur*, 24, 141–147.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1936). On the origin of the Malaysian mountain flora. *Bull. Jard. Bot. Buitenzorg III*, 14, 56–72.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1937). Gedeh-Pangrango. Dalam *2nd. Album Series* (57–61). Netherlands Indies Society for Nature Preservation,
- Steenis, C. G. G. J. V. (1941). Het veentje Rawa Gajonggong bij Tjibeureum boven Tjibodas (N. Gedeh). *Trop. Natuur*, 30, 170–172.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1948). New records for the flora of Java. *Bull. Bot. Gard. Buitenzorg III*, 17, 399–403.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1949). Account of Javan plants collected by C.F. Hornstedt in 1783-1784. *Acta Hort. Berg.*, 15, 39–43.

- Steenis, C. G. G. J. V. (1952). Some mountain plants new to top Mount Pangrango, West Java. *Reinwardtia*, 1, 478.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1958). Rejuvenation as a factor for judging the status of vegetation types. The biological nomad theory. Dalam *Proceedings of the Symposium of Humid Tropics Vegetation, Kandy* (212–218). UNESCO.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1961). An attempt towards an explanation of the effect of mountain mass elevation. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet. Adam, C.*, 64, 435–442.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1964). Plant geography of the mountain flora of Mt. Kinabalu. *Proc. Roy. Soc. Lond. B*, 161, 7–38.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1967). The age of the Kinabalu flora. *Mal. Nature J.*, 20, 39–43.
- Steenis, C. G. G. J. V. (1968). Frosts in the tropics. Dalam *Proceedings Symposium Recent Advances in Tropical Ecology* (154–167). Varanasi.
- Steenis, C. G. G. J. V., Hamzah, A., & Toha, M. (1972). *Mountain flora of Java*. E. J. Brill.
- Steenis, C. G. G. J. V., Hamzah, A., & Toha, M. (2006). *Flora pegunungan Jawa*. Pusat Penelitian Biologi-LIPI (Edisi terjemahan *Mountain Flora of Java*).
- Steenis, C. G. G. J. V., & Schippers-Lammerstse, A. F. (1965). Concise plant geography of Java. Dalam C. A. Backer & R. C. Bakhuizen van den Brink Jr., *Flora of Java*, Vol. 2 (1–72). Noordhoff.
- Steenis-Kruseman, M. J. V., (1950). Malaysian plant collectors and collections, being a cyclopedia of botanical exploration in Malaysia and a guide to the concerned literature up to the year 1950. 1–639, Dalam C. G. G. J. V. Steenis (Ed.), *Flora Malesiana*, 1, 19. Noordhoff-Kolff NV.
- Steenis, C. G. G. J. V., & Steenis-Kruseman, M. J. V. (1953). A brief sketch of the Tjibodas Mountain Garden. *Flora Malesiana Bulletin*, 10, 312–351.
- Steenis, C. G. G. J. V., Steenis-Kruseman, M. J. V., & Backer, C. A. (1954). Louis August Deschamps. *Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.) Hist. Ser.*, 1, 51–68.

- Sudarmonowati, E. (2000). Cryopreservation of tropical plants: Current research status in Indonesia. Dalam F. & H. (Eds.), *Cryopreservation of tropical plant germplasm: Current research progress and application. Proceedings of an international workshop, Tsukuba, Japan* (291–296), Oktober 1998.
- Sudarmonowati, E., Bachtiar, A. S., & Priadi, D. (1996). Shoot proliferation from axillary buds taken from mature superior trees of *Acacia mangium* and *Paraserianthes falcataria* *in vitro*. *Proceedings of International Workshop on Biotechnology and Development of Species for Industrial Timber Estate*, June 1995.
- Sudarmonowati, E., & Yunita, E. (1997). Production of embryoids from anthers of *Pometia pinnata*-a tropical forest tree species. *Proceedings of Indonesian Biotechnology Conference*. 17–19 Juni 1997.
- Sudarmonowati, E., & Rosmithayani. (1997). Cryopreservation of *Acacia mangium* shoot tips. *Proceedings of Indonesian Biotechnology Conference*. 17–19 Juni 1997.
- Sudarmonowati, E., & Hartati, N. S. (1997). Simple methods for extracting DNA and obtaining RAPD (random amplified polymorphic DNA) markers of *Shorea parvifolia*. *Proceedings of Indonesian Biotechnology Conference*, 17–19 Juni 1997.
- Sudarmonowati, E., Hartati, N. S., & Siregar, U. J. (1997a). Establishment of biochemical genetic markers techniques for *Shorea* spp–Tropical rainforest species. *Annales Bogoriense, n.s.* 5(1), 1–14.
- Sudarmonowati, E., Hartati, N. S., & Fahnidar, A. (1997b). Development of RAPD markers on several forest tree species. Paper presented at 5th *International Congress on Plant Molecular Biology*. 15–18 Agustus 1997.
- Sudarmonowati, E., Rosmithayani, Mulyaningsih, E. S., Priadi, D., & Sakai, A. (1998). Cryopreservation of shoot tips of two leguminous trees (*Acacia mangium* and *Paraserianthes falcataria*). *Proceedings of International Workshop on Cryopreservation of Tropical Plant Germplasm*. 20–27 Oktober 1998.
- Sudarmonowati, E., & Rosmithayani. (1998). Production and Cryopreservation of Embryoids Derived from Anther Culture of *Pometia pinnata* –a tropical forest tree. *Proceedings of Asia Pacific Conference on Biotechnology*, 13–16 Juli 1998.

- Sudarmonowati, E, Hartati, N. S., Siregar, U. J., & Boyle, T. J. B. (1998). Genetic diversity of *Shorea parvifolia* in Central Kalimantan assessed by isozyme markers. Paper presented in *IUFRO All Division 2 Congress on Genetics and Tree Improvement*. Agustus 1998.
- Sudarmonowati, E., & Yunita, E. (2000). Regeneration of embryoids derived from anther culture and the production of artificial seeds in *Pometia pinnata*. *Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, 8(1), 37–45.
- Sudarmonowati, E. (2000a). Cryopreservation of tropical plants: Current research status in Indonesia. *Proceedings of International Workshop* (291–296). IPGRI.
- Sudarmonowati, E. (2000b). *In vitro* propagation of tropical forest trees. Paper presented in *International Congress on In Vitro Biology*. 12–19 Juni 2000.
- Sudarmonowati, E, Hartati, N. S., & Siregar, U. J. (2000a). Assessing genetic diversity of *Scaphium macropodum* and *Fordia johorensis* in Jambi Province, Sumatra. *Annales Bogoriense n.s.*, 6(1), 13–26.
- Sudarmonowati, E, Hartati, N. S., & Siregar, U. J. (2000b). Assessing genetic diversity of two timber species (*Shorea parvifolia* and *Eusideroxylon zwagerii*) in Central Kalimantan using DNA markers. Paper presented in *XXI IUFRO World Congress*. 7–12 Agustus 2000.
- Sudarmonowati, E. (2001). Konservasi *in vitro* tunas *Eucalyptus urophylla*. *Media Konservasi Indonesia*, VII(2), 63–68.
- Sudarmonowati, E., Hartati, N. S., Narendra, B. H., Basyuni, M., Siregar, U. J., & Iriantono, D. (2001). Genetic markers for assessing genetic diversity and improvement of several tropical forest tree species to support conservation program. *Proceedings at International Conference on In Situ and Ex Situ Conservation of Commercial Tropical Trees*. 11–13 Juni 2001.
- Sudarmonowati, E., Priadi, D., Rijadi, J., & Sumiasri, N. (2002). Factors affecting the growth and preservation of *Aleurites moluccana* Willd. Pollen. *Proceedings 4th International Wood Science Symposium*. 2–5 September 2002.
- Sudarmonowati, E., Ardiyanti, N., & Rahman, N. (2008). Propagation of selected *Jatropha curcas*: Shoot multiplication, organogenesis and somatic embryogenesis. *Proceedings Indonesian Biotechnology Conference*. 5–7 Agustus 2008.

- Sudarmonowati, E., Fitriani, H., Supatmi, & Ardiyanti, N. (2009). Factors affecting friable embryogenic callus in several plant species. *Journal of Biotechnology Research*, 2(2), 1–5.
- Sudarmonowati, E., Ardiyanti, N., Priadi, D., Hartati, N. S., & Herawan, T. (2009). Perbaikan perbanyakkan *in vitro* bibit cendana: Teknik baru perakaran dan aklimatisasi. *Seminar dan Gelar Teknologi Kehutanan*. 19 November 2009. Manggala Wanabakti.
- Sudarmonowati, E., Hartati, N. S., & Supatmi. (2012). Status and progress of forest biotechnology research in Indonesia. *International Workshop on Status and Progress Forestry Research*. September 2012.
- Suding, N. K. (2011). Toward an era of restoration in ecology: Successes, failures, and opportunities ahead. *Annual Review of Ecology, Systematics and Evolution*, 42, 465–487.
- Suheri, H., Nakagoshi, N., & Suwandana, E. (2014). Habitat suitability and assessment of corridors setup for Javan Gibbon conservation: A case study in Gunung Gede Pangrango National Park, Indonesia. *Asian Journal of Conservation Biology*, 3(1), 19–27.
- Sukendah, Sudarsono, Witjaksono, & Khumaida, N. (2008). Perbaikan teknik kultur embrio kelapa kopyor (*Coocos nucifera* L.) asal Sume-nep Jawa Timur melalui penambahan bahan aditif dan pengujian periode subkultur. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 36(1), 16–23.
- Sukmantoro, W., Irham, M., Novarino, W., Hasudungan, F., Kemp, N., & Muchtar, M. (2007). *Daftar burung Indonesia*, No. 2. Indonesian Ornithologists' Union.
- Sumadijaya, A., & Veldkamp, J. F. (2009). *Vulpia* (Gramineae) in Malesia. *Reinwardtia*, 12(5), 343–346.
- Sumantera, I. W. (2004). Potensi hutan Bukit Tapak sebagai sarana upacara adat, pendidikan, dan konservasi lingkungan. *Biodiversitas*, 5(2), 81–84.
- Sumiasri, N., Priadi, D., Rijadi, J., & Sudarmonowati, E. (2002). Effect of dessication on the viability of *Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers. Pollen. *Proceedings 4th International Wood Science Symposium*. 2–5 Oktober 2002.
- Sunarno, & Rugayah (Eds.). (1992). *Flora Cibodas*. Herbarium Bogoriense.

- Supatmi, Rahman, N., & Sudarmonowati, E. (2017). Induksi perakaran bibit *in vitro* cendana (*Santalum album*) melalui aplikasi variasi konsentrasi pupuk organik hayati. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Nasional Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Lokal Menuju Kemandirian Pangan Nasional yang Berkelanjutan* (767–778).
- Supriatna, J., & Ario, A. (2015). Primates as flagships for conserving biodiversity and parks in Indonesia: Lessons learned from West Java and North Sumatra. *Primate Conservation*, 29, 123–131.
- Surya, M. I., Ismaini, L., Junaedi, D. I., Handayani, A., Nasution, T., Efendi, M., Rozak, A. H., Mutaqien, Z., Zuhri, M., Hidayat, I. W., Kurniawati, F., Kurniawan, V., Putri, D. M., & Pratiwi, R. A. (2021). *Genetic diversity analysis of castanopsis argentea using random amplified polymorphic DNA markers*. (Dalam proses penerbitan).
- Susanti, N. (2003). *Faktor-faktor yang memengaruhi petani dalam pengambilan keputusan penggunaan lahan di daerah penyangga Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (Studi kasus di Desa Naggerang, Kecamatan Cicurug, Kabupaten Sukabumi, dan di Desa Sukagalih, Kecamatan Megamendung, Kabupaten Bogor)* (Skripsi). Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB.
- Suyama, Y., & Matsuki, Y. (2015). MIG-seq: An effective PCR-based method for genome-wide single-nucleotide polymorphism genotyping using the next-generation sequencing platform. *Sci. Rep.*, 5, 16963. <https://doi.org/10.1038/srep16963>
- Swaine, M. D., Hall, J. B., & Alexander, I. J. (1987). The dynamics of tree populations in tropical forest: A review. *J. Trop. Ecol.*, 3, 359–366.
- Tanaka, M., Sukiman, H., Takebayashi, M., Saito, K., Suto, M., Prana, T.K., Prana, M. S., & Tomita, F. (1999). Screening and phylogenetic identification of endophytes from plants in Hokkaido Japan and Java Indonesia. *Microbes and Environments*, 14, 237–241.
- Taverne, N. J. M. (1855). Vulkanstudiën op Java. *Vulkan. Med.*, 7, 1–132. (Dalam Steenis dkk., 1972, 2006a, b).
- Terborgh, J. (1990). Seed and fruit dispersal—commentary. Dalam K. Bawa & M. Hadley (Eds.), *Reproductive ecology of tropical forest plants* (181–190). UNESCO.

- Teysmann, J. E. (1855). Uittreksel uit een dagverhaal eener reis door Midden-Java. *Natuurk. Tijdschr. v. Ned. Indië*, 8, 195. (Dalam Steenis dkk., 1972, 2006 a, b).
- Thain, M. & L. Hickman, M. *The Penguin Dictionary of Biology*, Tenth Edition, Penguin Books.
- Thiollay, J., & Meyburg, B. U. (1988). Forest fragmentation and the conservation of raptors: A survey on the island of Java. *Biological Conservation*, 44, 229–250.
- Thornton, I. W. B. (Ed.). (1992). Krakatau: A century of change. *Geo. Journal*, 28, 83–304.
- Thornton, I. (1996). *Krakatau: The destruction and reassembly of an island ecosystem*. Harvard University Press.
- TNGGP. (1995a). *Laporan akhir desain lansekap TNGGP*. Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango, Departemen Kehutanan Bogor.
- TNGGP. (1995b). *Rencana pengelolaan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango 1995– 2020*. Departemen Kehutanan Bogor.
- TNGGP. (2005). *Rencana pengelolaan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (Review)*. Balai Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Departemen Kehutanan.
- Tomita, F. (2003). Endophytes in Southeast Asia and Japan: Their taxonomic diversity and potential applications. *Fungal Diversity*, 14, 187–204.
- Tresnawati, C., & Sulistyorini, I. (2019). Pengaruh penggunaan gula tebu refinasi pada media inisiasi kalus kakao (*Theobroma cacao* L.). *Prosiding Seminar Nasional Agroteknologi*.
- UNESCO. (1978). *Tropical forest ecosystems: A state of knowledge report*. UNESCO, UNEP & FAO. Natural Resources Research no. 14, UNESCO.
- UNESCO. (1996). *Biosphere reserves: The seville strategy and the statutory framework of the world network*. UNESCO.
- UNESCO. (2004). *Cagar biosfer: Uji lapangan untuk pembangunan berkelanjutan*. UNESCO-Man and the Biosphere (MAB) Programme.
- UNESCO. (2019). *Man and the biosphere (MAB) programme*. Diakses dari <https://en.unesco.org/mab>
- Vernhes, J. R. (Ed.). (2007). *The biosphere reserve handbook: Guidance to implementing the seville strategy and the statutory framework*. For Publication on the MABNet.

- Vink, W. (1957). Hamamelidaceae. *Flora Malesiana I*, 5, 365–379.
- Vlasta, T., Jarošová, A., Šurinová, M., & Münzbergová, Z. (2020). Development of microsatellite markers for the perennial plant *Tofieldia calyculata*. *Applications in plant sciences*, 8(3), e11327. <https://doi.org/10.1002/aps3.11327>
- Vrolijk, M. (1934). Vorst op de hoogvlakte van Pengalengan. *De Bergcultures*, 8, 1142–1144.
- Wallace, A. R. (1869). *The Malay archipelago*. London.
- Walter, H. (1936). Nährstoffgehalt des Bodens und natürliche Waldbeständ. *Forstl. Wochenschr. Silva*, 24, 201–5, 209–213. (Dikutip dari Whitmore, 1986).
- Walter, H. (1973). *Vegetation of the earth in relation to climate and the eco-physiological conditions*. The English Universities Press Ltd.
- Webb, L. J. (1968). Environmental relationships of the structural types of Australian rainforest vegetation. *Ecology*, 49, 296–311.
- Webb, L. J., Tracey, J. G., Williams, W. T., & Lance, G. N. (1970). Studies in the numerical analysis of complex rainforest communities. V. A comparison of the properties of floristic and physiognomic-structural data. *Journal of Ecology*, 58, 203–232.
- Webb, L. J. & Tracey, J. G. (1994). The rainforests of northern Australia. Dalam R. H. Groves (Ed.), *Australian Vegetation*, 2nd. Edition (87–129). Cambridge University Press.
- Went, F. W. (1940). Soziologie der Epiphytten eines tropischen Urwaldes. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorgg*, 50, 1–17.
- Went, F. W. (1945). A naturalist's paradise. Dalam P. Honig, & F. Verdoorn. (Eds.), *Science and scientists in the Netherlands Indies*. Board of the Netherlands Indies.
- Whitmore, T. C. (1967). Studies in Macaranga: An easy genus of Malayan wayside trees. *Malay. Nat. J.*, 20, 89–99.
- Whitmore, T. C. (1973). *Tree flora of Malaya*. Vol. 2. Longman.
- Whitmore, T. C. (1983). Secondary succession from seed in tropical rain forests. *Forestry Abstract*, 44, 767–779.
- Whitmore, T. C. (1986). Tropical rain forests of the Far East. English Language Book Society/Oxford University Press.

- Whittaker, R. J., Bush, M. B., Partomihardjo, T., & Asquith, N. M. (1992). Ecological aspects of plant colonisation of the Krakatau Islands. *Geo Journal*, 28, 201–211.
- Whitten, A. J., Damanik, S. J., Anwar, J., & Hisyam, N. (1984). The ecology of Sumatra, Gajah Mada University Press.
- Whitten, A. J., Mustafa, M., & Henderson, G. S. (1987). *The ecology of Sulawesi*. Gajah Mada University Press.
- Whitten, T., Soeriaatmadja, R. E., & Afif, S. (1996). *The ecology of Java and Bali*. Periplus Editions.
- Widyatmoko, D., & Astutik, S. (2013). Peran strategis Cagar Biosfer Cibodas dalam menghadapi perubahan lingkungan. Dalam Y. Purwanto, B. Prasetya, D. Widyatmoko, & C. Ningrum (Eds.), *Management hulu: Pengelolaan kawasan Cagar Biosfer Cibodas* (218–228). International Center for Interdisciplinary and Advanced Research (ICIAR)- LIPI.
- Widyatmoko, D., Astutik, S., Sulistyawati, E., & Rozak, A. H. (2011). Carbon stock and biomass estimation of four different ecosystems within Cibodas Biosphere Reserve, Indonesia. *Proceedings of the 6th Southeast Asia Biosphere Reserves Network (SeaBRnet) Meeting, Are climate change and other emerging challenges being met though successful achievement of Biosphere Reserve functions?* (91–96). Jakarta. 23–25 February 2011. UNESCO Office.
- Widyatmoko, D., Astutik, S., Sulistyawati, E., & Rozak, A. H., & Mutaqien, Z. (2013). Stok karbon dan biomassa di Cagar Biosfer Cibodas, Indonesia. Dalam *Konservasi biocarbon, lanskap dan kearifan lokal untuk masa depan: Integrasi pemikiran multidimensi untuk keberlanjutan* (98–135). Kebun Raya Cibodas.
- WIPA. (2007). *Panduan trekking di kaki Gunung Gede dan Pangrango, Sektor B, C, D, & E*. Wahana Informasi Pariwisata Alam (WIPA).
- Wo, Y., Zhao, Y., Engelmann, F., Zhou, M., Zhang, D., & Chen, S. (2001). Cryopreservation of apple dormant buds and shoot tips. *CryoLetters*, 22, 375–380.
- Yamada, I. (1975). Forest ecological studies of the montane forest of Mt. Pangrango, West Java. I. Stratification and floristic composition of the montane rain forest near Cibodas. *The Southeast Asian Studies*, 13, 402–426.

- Yamada, I. (1976a). Forest ecological studies of the montane forest of Mt. Pangrango, West Java. II. Stratification and floristic composition of the forest vegetation of the higher part of Mt. Pangrango. *The Southeast Asian Studies*, 13, 513–534.
- Yamada, I. (1976b). Forest ecological studies of the montane forest of Mt. Pangrango, West Java. III. Litter fall of the tropical montane forest near Cibodas. *The Southeast Asian Studies*, 14, 194–229.
- Yamada, I. (1977). Forest ecological studies of the montane forest of Mt. Pangrango, West Java. IV. Floristic along the altitude. *The Southeast Asian Studies*, 15, 226–254.
- Yamada, I. (1990). The changing pattern of vertical stratification along altitudinal gradient of the forests of Mt. Pangrango. Dalam P. Baas, K. Kalkman, & R. Geesink (Eds.), *The plant diversity of Malesia* (177–191). Kluwer Academic Publishers.
- Zuhri, M., & Mutaqien, Z. (2011). Perubahan komposisi vegetasi dan struktur pohon pada plot Meijer (1959–2009) di Gunung Gede, Jawa Barat. *Buletin Kebun Raya*, 4(1), 37–45.
- Zuhri, M., & Mutaqien, Z. (2013). The spread of non-native plant species collection of Cibodas Botanical Garden into Mt. Gede Pangrango National Park. *The Journal of Tropical Life Science*, 3(2), 74–82.
- Zuraida, Sulistiyani, Sajuthi, D., & Suparto, I. H. (2017). Fenol, flavonoid, dan aktivitas antioksidan pada kulit batang pulai (*Alstonia scholaris* R.Br.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(3), 211–219.



DAFTAR SINGKATAN

ABS	Access and Benefit Sharing
AFLP	Amplified Fragment Length Polymorphism
BAPPENAS	Badan Perencanaan Pembangunan Nasional
BB	Balai Besar
BKSDA	Balai Konservasi Sumber Daya Alam
BRIN	Badan Riset dan Inovasi Nasional
BT	Bujur Timur
CA	Cagar Alam
CB	Cagar Biosfer
CBC	Cagar Biosfer Cibodas
CBD	Convention on Biological Diversity
DC	District of Columbia
DN	Dominansi Nisbi
DNA	Deoxyribonucleic Acid
DSD	Diameter Setinggi Dada
eDNA	environmental DNA
FAO	Food and Agriculture Organization
FWI	Forest Watch Indonesia
G	Gunung

GIS	Geographic Information System
GWF	Global Forest Watch
INK	Indeks Nilai Kepentingan
HB	Herbarium Bogoriense
IPB	Institut Pertanian Bogor
K	Kerapatan
KPH	Kesatuan Pemangkuan Hutan
KRB	Kebun Raya Bogor
KRC	Kebun Raya Cibodas
KTT	Konferensi Tingkat Tinggi
KSDAE	Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem
LAD	Luas Area Dasar
LBN	Lembaga Biologi Nasional
LIPI	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
LMG	Lembaga Meteorologi dan Geofisika
LS	Lintang Selatan
MAB	Man and the Biosphere
NGS	Next Generation Sequence
PCR	Polymorphic Chain Reaction
Perhutani	Perusahaan Hutan Negara Indonesia
Perum	Peusahaan Umum
PHKA	Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam
PP	Peraturan Pemerintah
PPP	Public-Private Partnership
PPTA	Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat
PTP	Perseroan Terbatas Perkebunan
RAPD	Random Amplified Polymorphism DNA
ROSTSEA	Regional Office for Science and Technology for South East Asia
RPJMN	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional

Buku ini tidak diperjualbelikan.

RPJMD	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah
SK	Surat Keputusan
SNP	Single Nucleotide Polymorphism
SSR	Sequenced Simple Repeats
TN	Taman Nasional
TNGGP	Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UU	Undang-Undang
WGS	Whole Genome Sequence
WIPA	Wahana Informasi Pariwisata Alam

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Indeks untuk Nama Tumbuhan dan Hewan

- Acacia mangium*, 289, 316, 356, 364
Acalolepta rusticatrix, 81
Acalolepta sp., 81
Accipiter trivirgatus, 75
Acer laurinum, 128, 139, 144, 151,
154, 170, 253, 260, 268, 282
Acmella paniculata, 232
Acridotheres javanicus, 70
Acriopsis liliifolia, 87, 235
Acronodia punctata, 131, 142, 150,
152, 153, 154, 166, 167, 176,
177, 178, 283
Acronychia laurifolia, 139, 142, 150,
154
Actinodaphne angustifolia, 86
Actinodaphne glomerata, 86, 119
Actinodaphne gullavara, 119
Actinodaphne procera, 86
Adenostemma lavenia, 137, 232
Adinatia, 71
Aeschynanthus albidus, 86, 234
Aeschynanthus angustifolius, 234
Aeschynanthus horsfieldii, 138, 275
Aeschynanthus longiflorus, 96, 275,
279
Aeschynanthus radicans, 234, 275,
279
Aeschynanthus volubilis, 86
Aethopygia eximia, 73
Aethopygia mystacalis, 74
Agalmyla parasitica, 138, 279
Aganope thyrsoiflora, 235
Ageratina riparia, 101, 103, 232,
286
Ageratum conyzoides, 102, 103, 232
Ageratum houstonianum, 102, 103,
232
Aglaia argentea, 87, 119, 122
Aglaia odoratissima, 87
Agrostis infirma, 184, 187, 195, 198,
203, 205
Agrostis plebeia, 184, 187, 195, 198,
203
Agrostophyllum laxum, 87
Agrostophyllum tenue, 87
Ailanthus integrifolia, 88

- Alangium javanicum*, 85, 119, 122
Alatiliparis speculifera, 84
Albizia lophantha, 179, 180
Alcippe poioicephala pyrroptera, 73
Aleurites moluccana, 365
Allaeophania rugosa, 273, 276
Allium neapolitanum, 234
Allophylus cobbe, 236
Alocasia longiloba, 231
Alocasia macrorrhizos, 231
Alpinia malaccensis, 88, 139
Altingia excelsa, 59, 60, 66, 78, 122,
128, 131, 132, 136, 139, 142,
143, 147, 155, 156, 157, 158,
221, 238, 239, 241, 250, 251,
252, 253, 258, 263, 278, 297,
326, 327, 330, 331, 333, 334,
339, 355, 360
Amnaosia decora, 70
Amomum coccineum, 139
Amomum hochreutineri, 91
Ampelocissus thyrsoiflora, 237
Amydrium medium, 231
Anadendrum microstachyum, 85
Anaphalis javanica, 30, 71, 72, 73,
169, 173, 179, 180, 181, 184,
186, 187, 188, 189, 190, 191,
192, 194, 198, 199, 200, 201,
202, 203, 204, 206, 232, 239,
244, 245, 246, 265, 267, 273,
274, 276, 283, 309, 324, 328
Anaphalis maxima, 232
Anemone sumatrana, 174, 284, 307
Anisoptera costata, 86, 94
Antidesma tetrandrum, 139, 142,
149, 154, 233, 278
Antidesma tomentosum, 86, 233
Antidesma velutinosum, 86
Apalharpactes reinwardti, 70
Aphyllorchis pallida, 84
Apis indica, 72, 273, 332
Aplonis panayensis strigatus, 285
Aporosa lunata, 86
Aralia dasyphylla, 231
Aralia ferox, 172, 174, 283
Araucaria hunsteinii, 262
Arborophila javanica, 70, 73, 283
Arcangelisia flava, 87
Archidendron clypearia, 86, 139, 167
Arctictis binturong, 287
Ardisia crispa, 87, 292, 349
Ardisia fuliginosa, 138, 149, 150
Ardisia javanica, 151, 171, 172, 174,
177, 280
Ardisia macrophylla, 87
Ardisia zollingeri, 87
Arenaria biflora, 203
Argostemma borragineum, 138
Argostemma montanum, 138
Argostemma uniflorum, 138
Arisaema filiforme, 231, 278
Artemisia vulgaris, 101, 103, 232,
286
Arthrophyllum javanicum, 85, 231,
252
Artocarpus elasticus, 87
Artogalidia trivirgata, 287
Asplenium caudatum, 153, 179
Asplenium nidus, 136, 137, 146
Asplenium praemosum, 173
Astronia macrophylla, 87
Astronia spectabilis, 131, 132, 135,
139, 150, 152, 154, 167, 170,
219, 234, 240, 248
Austroeupatorium inulaefolium, 101
Axonopus compressus, 232, 235, 239

- Bacopa monnieri*, 206
Balanophora elongata, 93, 179, 278
Balanophora elongata var. *ungeriana*, 93
Bartlettina sordida, 102, 103, 106, 232
Batocera sp., 81
Begonia convolvulacea, 278
Begonia isoptera, 137, 278
Begonia longifolia, 85
Begonia muricata, 137, 278
Begonia robusta, 137
Beilschmiedia madang, 86, 119
Bellucia pentamera, 87, 104
Berberis nepaulensis, 232
Berchemia affinis, 91
Bhringa remifer, 70, 73
Bhringa remifer remifer, 73
Bidens pilosa, 101, 102, 103, 232, 281
Blechnum capense, 206
Blechnum patersonii, 179
Blepharocalyx salicifolius, 155
Blumea balsamifera, 232
Blumea lacera, 232, 240
Blumea riparia, 232, 240
Blumea sylvatica, 137
Blumeodendron kurzii, 86, 119
Blumeodendron tokbrai, 86, 233
Boehmeria diversifolia, 237
Bombus rufipes, 70, 72, 272, 332
Bothriospermum tenellum, 103, 104, 232
Brachypterix montana, 70, 71
Brachypteryx leucophryis, 73
Bradypterus montis, 74
Bradypterus sp., 74
Brassica oleracea, 101
Breynia microphylla, 84, 139, 233, 240
Breynia virgata, 91
Bridelia glauca, 86, 233
Bridelia insulana, 122
Brugmansia suaveolens, 102, 105, 108
Bryophyllum pinnatum, 102, 104
Bubo sumatrana, 74
Buceros rhinoceros, 74
Buchanga cinerea, 70
Buddleja asiatica, 234, 240
Bufo asper, 80
Bufo biporcatus, 80
Bufo melanostictus, 80
Bulbophyllum allifolium, 87
Bulbophyllum cornutum, 94, 95
Bulbophyllum inaequale, 94
Bulbophyllum uniflorum, 274
Cacomantis merulinus, 70
Caesalpinia sappan, 86, 232
Calamus javensis, 137
Calamus reinwardtii, 137
Calanthe abbreviata, 173
Callicarpa albida, 88, 237, 240
Callicarpa pentandra, 88
Callostylis rigida, 87
Calophyllum soulattri, 85
Camellia lanceolata, 167
Canarium denticulatum, 85
Canarium hirsutum, 85
Canarium littorale, 85, 119, 232
Canthium glabrum, 88
Carallia brachiata, 88, 236
Cardamine africana, 173, 175, 276
Cardamine hirsuta, 101
Carex baccans, 233, 239, 245, 283
Carex capillacea, 158

- Carex cryptostachys*, 233
Carex graeffeana, 93, 158
Carex interrupta, 173
Carex jackiana, 158
Carex maculata, 158
Carex nubigena, 158
Carex phacota, 158
Carex verticillata, 84, 184, 186, 187,
195, 197, 198, 201, 202, 203,
204, 309
Carychium javanum, 72
Casearia tuberculata, 94
Cassia javanica, 260
Castanopsis cuspidata, 262
Castanopsis acuminatissima, 128,
132, 155, 157, 253, 263, 331,
333
Castanopsis argentea, 128, 131, 135,
136, 143, 154, 156, 219, 221,
222, 233, 241, 248, 253, 317,
318, 326, 327, 329, 333, 334,
348
Castanopsis javanica, 66, 78, 121,
128, 131, 135, 142, 143, 144,
148, 149, 154, 155, 156, 219,
221, 224, 233, 241, 248, 253,
262, 326, 327, 329, 334
Castanopsis tungurrut, 128, 241,
253
Casuarina junghuhniana, 129, 286
Catarsius molossus, 81
Cayratia geniculata, 139, 237
Ceiba pentandra, 260
Centella asiatica, 231
Centropus sinensis, 74
Cerastium arvense, 101, 284
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*,
84
Ceratostylis gracilis, 87
Ceratostylis simplex, 94
Cervus timorensis, 71
Cestrum aurantiacum, 101, 102, 105
Cestrum elegans, 102, 105
Chalcophaps indica, 74
Chamaesyrrhus nigripes, 72
Cheilocostus speciosus, 88, 237
Chisocheton patens, 87
Chloranthus elatior, 85
Chromolaena odorata, 85, 228, 232
Chrysophyllum roxburghii, 88
Cinnamomum javanicum, 86
Cissa thalassina, 70
Cissus adnata, 91, 94, 237
Cissus javana, 88
Claoxylon glabrifolium, 91, 150
Clausilia sp., 72
Cleisostoma javanicum, 87
Cleisostoma montanum, 87
Clematis leschenaultiana, 172, 236
Clematis smilacifolia, 236
Clerodendrum disparifolium, 237
Clibadium surinamense, 85, 232
Clidemia hirta, 102, 104, 234
Cobaea scandens, 105
Cocomantes sonneratii, 74
Codonopsis javanica, 232
Coelogyne incrassata, 87
Coffea arabica, 269
Coffea robusta, 269
Collocalia brevirostris vulcanorum,
73
Collocalia linchi, 70
Collocalia vulcanorum, 71
Commelina diffusa, 233
Commelina paludosa, 233
Conodopsis javaniaca, 137
Copris agnus, 81
Copris punctulatus, 81

- Copris synopsis*, 81
Coracina fimbriata, 74
Cordia dichotoma, 232
Corybas carinatus, 274
Cosmos caudatus, 102, 103, 232
Crassocephalum crepidioides, 103
Cratoxylum sumatranum, 86, 234
Creochiton bibracteata, 94
Crepidium sagittatum, 94
Crepidium soleiforme, 94
Crocias guttatus albonotatus, 73
Crotalaria mucronata, 235
Crotalaria pallida, 104
Croton argyrateus, 86, 233
Crypteronia paniculata, 85
Cryptocarya laevigata, 86
Cryptocarya nitens, 86
Cryptostylis javanica, 87
Ctenopteris millefolia, 178
Cuculus micropterus, 75
Cuculus polycephalus, 70
Culcicappa ceylonensis perenocara,
 74
Culicicapa ceylonensis, 75
Cuon alpinus javanicus, 69
Cupressus sempervirens, 84, 100,
 102, 104, 173
Cupsiurus parvus infumatus, 74
Cyanthillium cinereum, 232
Cyathea contaminans, 66, 137, 148,
 150, 221, 233, 240, 242
Cyathea crenulata, 170, 177
Cyathea latebrosa, 131, 153
Cyathea orientalis, 224
Cyathea raciborskii, 150
Cynocephalus variegatus, 70
Cynoglossum javanicum, 232
Cyornis banyumas, 71
Cyperus tenuispica, 204
Cypholophus lutescens, 167, 237,
 240, 271
Cyphomandra betacea, 102, 105
Cyrestis lutea, 81
Cyrtandra coccinea, 138, 234, 240
Cyrtandra grandis, 234, 240
Cyrtandra nemorosa, 234, 240
Cyrtandra oblongifolia, 86
Cyrtandra picta, 138, 150, 221, 234
Cyrtandra populifolia, 138, 221, 234
Cyrtandra repens, 138
Cyrtandra rostrata, 138
Cyrtandra sulcata, 86
Cyrtococcum patens, 138
Cyrtosia javanica, 276

Dacrycarpus imbricatus, 128, 131,
 132, 133, 135, 139, 142, 143,
 144, 145, 150, 152, 153, 154,
 155, 156, 163, 167, 169, 171,
 178, 253, 271, 278, 326, 327
Dalbergia rostrata, 86
Danais albata, 72
Daphniphyllum glaucescens, 166,
 177, 278
Debregeasia longifolia, 237, 240
Decaspermum fruticosum, 151, 235
Dehaasia caesia, 86
Dehaasia incrassata, 86
Delias belisama, 81
Delonix regia, 260, 261
Dendrobium aloifolium, 87
Dendrobium angustifolium, 87
Dendrobium aureilobum, 87
Dendrobium crumenatum, 269
Dendrobium hasseltii, 173, 179, 185,
 276, 298
Dendrobium jacobsonii, 307
Dendrobium plicatile, 87

- Dendrobium spathilingue*, 87, 235
Dendrobium tenellum, 87, 94
Dendrocnide stimulans, 88, 252
Dendrophthoe lanosa, 94
Derris elliptica, 235
Desmodium heterophyllum, 235
Desmodium zonatum, 86
Dianella ensifolia, 234
Dianella javanica, 185, 205, 234, 283
Dicaeum trochileum, 73, 285
Dichroa febrifuga, 273
Dichroa sylvatica, 139, 273, 276, 283
Dichrocephala bicolor, 173, 232
Dichrocephala chrysanthemifolia, 72, 232
Dicksonia blumei, 66
Dicranopteris linearis, 138, 234, 242, 247
Dicrurus leucophaeus, 74, 75
Dicrurus leucophaeus leucophaeus, 74
Dicrurus remifer, 75
Digitalis purpurea, 100, 173, 276
Dinochloa scandens, 138, 235, 240
Dioscorea nummularia, 86, 233
Diospyros frutescens, 86, 119, 252
Diploclisia glaucescens, 87, 233
Diplomuratina sp., 72
Diplopterygium volubile, 234
Dipodium scandens, 87
Dipteris conjugata, 243
Dipterocarpus hasseltii, 86, 94, 95
Dischidia lanceolata, 91
Dischidia nummularia, 91
Dischidia punctata, 85
Disporum cantoniense, 138, 234, 273, 277, 280, 283
Dissochaeta gracilis, 87
Dodona, 72
Dracaena angustifolia, 86
Dracontomelon dao, 85
Drymaria hirsuta, 101, 284
Drymaria villosa, 102, 104
Dryopteris adnata, 173, 179
Dryopteris filix-mas, 173
Dysoxylum caulostachyum, 87
Dysoxylum densiflorum, 87, 221, 234, 241
Dysoxylum parasiticum, 121, 122, 221, 241
Egesina albolineata, 81
Ehrharta stipoides, 272
Elaeagnus triflora, 233
Elaeocarpus obtusus, 84
Elaeocarpus oxyphyren, 155
Elaeocarpus pierrei, 139, 251, 253
Elaeocarpus serratus, 86
Elaphoglossum callifolium, 178, 179
Elatostema lancifolium, 158, 160
Elatostema paludosum, 138, 150, 237
Elatostema pedunculatum, 271, 284
Elatostema strigosum, 138, 237
Eleocharis tetraquetra, 158
Embelia javanica, 87
Embelia pergamacea, 235
Embelia ribes, 235
Emilia sonchifolia, 84, 232
Endiandra rubescens, 86
Engelhardia serrata, 94
Engelhardia spicata, 139, 142, 143, 144, 150, 154, 219, 234, 240, 248, 278, 297
Enicostema axillare, 206
Enicurus leschenaulti, 70
Epepeotes luscus, 81

- Epepeotes spinosus*, 81
Erechtites valerianifolia, 102, 103,
 137, 232, 239
Eria lasiopetala, 87
Erigeron sumatrensis, 137, 232
Eriocaulon brownianum, 158, 204
Eriocaulon sollyanum, 158
Eristalus bicornutus, 72
Eryngium foetidum, 231
Etlingera coccinea, 221, 229, 237,
 275
Etlingera solaris, 150
Eucalyptus urophylla, 365
Eupatorium adenophorum, 228, 232
Eupatorium inulifolium, 103, 137,
 228, 232
Euphorbia hirta, 104, 233
Euphorbia prostrata, 104, 233
Euphorbia thymifolia, 102, 104, 233
Euploea eucosticto, 81
Eurya acuminata, 136, 149, 154,
 163, 167, 171, 237, 267, 268,
 273, 274, 277, 278, 283, 285
Eurya glabra, 192, 237
Eurya obovata, 84, 132, 135, 136,
 151, 152, 153, 154, 165, 166,
 177, 178, 179, 327
Eusideroxylon zwagerii, 317, 365

Fagraea blumei, 279
Fagraea cellanica, 234
Fagraea elliptica, 139, 234, 279
Fagraea fragrans, 219, 248
Fagus sylvatica, 101, 172, 173, 306
Falco moluccensis, 75
Faunis canens, 81
Fejervarya limnocharis, 80
Fibraurea tinctoria, 87, 234
Ficedula westermanni, 75

Ficus callosa, 87, 119
Ficus curtipes, 87
Ficus deltoidea, 167, 205, 206, 235
Ficus fistulosa, 235, 240
Ficus grossularioides, 224, 240
Ficus hispida, 87
Ficus lanata, 150
Ficus montana, 235
Ficus obscura, 235
Ficus padana, 87, 235
Ficus parietalis, 235
Ficus pumila, 87, 104
Ficus ribes, 122, 123, 131, 149, 151,
 154
Ficus sinuata, 278
Ficus subulata, 87
Ficus sundaica, 87
Ficus variegata, 235
Ficus vasculosa, 87
Fimbristylis consanguinea, 158, 204
Firmiana malayana, 260
Fissistigma latifolium, 85, 231
Flacourtia rukam, 86, 154
Fragaria vesca, 84, 100, 102, 105,
 203, 273, 277, 284, 285
Fragaria x ananassa, 84, 105
Freycinetia imbricata, 87
Freycinetia insignis, 138, 279
Freycinetia javanica, 243, 278, 279
Funaria hygrometrica, 203

Gahnia javanica, 173, 184, 185, 204,
 205, 206, 283, 285
Galearia filiformis, 86
Galinsoga parviflora, 101, 102, 103,
 232
Gallus gallus bankiva, 73, 283
Gandaca harina, 81
Garcinia lateriflora, 85, 119, 122

- Garcinia parvifolia*, 85
Garrulax rufifrons, 70
Garullax rufifrons rufifrons, 74
Gaultheria fragrantissima subsp.
punctata, 174
Gaultheria leucocarpa, 84, 172, 175,
184, 185, 205, 267, 273, 277
Gaultheria nummularioides, 84,
162, 172, 184, 186, 233, 266,
267, 286
Gaultheria punctata, 172, 180, 181,
184, 185, 191, 192, 198, 199,
205, 277
Geniostoma rupestre, 139, 151, 166,
167, 283
Gentiana quadrifaria, 50, 162, 204,
233, 245, 266, 267, 280, 281
Gerygone sulphurea, 74
Gleichenia truncata, 138
Gleichenia vulcanica, 198, 234, 242
Globba pendula, 88, 237
Glochidion macrocarpum, 151
Glochidion rubrum, 136, 139, 233,
278
Gnaphalium purpureum, 102, 103,
232
Gnetum cuspidatum, 86, 119
Gomphandra javanica, 86
Gomphostemma javanicum, 138
Goniothalamus macrophyllus, 85,
231
Gonostegia hirta, 237
Gonystylus macrophyllus, 88
Goodyera bifida, 173
Goodyera rubicunda, 87
Goodyera viridiflora, 94
Gordonia excelsa, 221
Graphium sarpedon, 81
Grewia laevigata, 88, 237
Gunnera macrophylla, 158, 278, 292
Gynostemma simplicifolium, 91
Gynotroches axillaris, 121, 122
Gynura aurantiaca, 232
Gynura procumbens, 137, 232
Habenaria angustata, 279
Halcyone chloris, 70
Hanguana malayana, 86
Harmsiopanax aculeatus, 219, 240,
242, 278
Hedychium horsfieldii, 91
Hedychium roxburghii, 91, 97, 139,
237
Helicia robusta, 87
Helicia serrata, 139
Heritiera javanica, 88
Hervestes javanicus, 82, 251
Hetaeria oblongifolia, 87
Hiptage benghalensis, 234
Hirundo rustica guttularis, 73
Histiopteris incisa, 137, 206
Hodgsonia macrocarpa, 86
Homalanthus giganteus, 278
Homalanthus populneus, 86, 131,
151, 224, 233, 239, 240, 241
Hoya cinnamomifolia, 91
Hoya lacunosa, 85
Huia masonii, 80
Hybanthera villosa, 231
Hydrangea aspera, 234
Hydrocotyle sibthorpioides, 231
Hylobates moloch, 69, 70, 71, 76,
287, 339, 343, 346, 351, 352,
355, 357
Hylodesmum repandum, 91
Hylomys suillus, 70
Hymenophyllum paniculiflorum,
173

- Hypericum leschenaultii*, 72, 173,
 198, 234, 267, 273, 277, 282,
 286
Hypobathrum frutescens, 151
Hypolitrum nemorum, 137
Hyptis brevipes, 104, 234
Hyptis capitata, 102, 104
Hystrix javanicus, 82, 251

Ichthyophis hypocyaneus, 80
Ictinaetus malayensis, 75
Ilex cymosa, 144
Impatiens javensis, 173, 277
Impatiens platypetala, 137, 279
Imperata cylindrica, 195, 198, 235,
 240
Indigofera suffruticosa, 235
Isachne albens, 138, 172, 235, 239
Isachne globosa, 195
Isachne pangerangensis, 188, 190,
 195, 197, 198, 199, 200, 201,
 202, 203, 204, 235, 239, 246,
 283, 309, 324, 328
Isodon coetsa, 234
Isolepis fluitans, 158, 204, 205, 281,
 283
Ixora grandifolia, 88, 236

Jasminum elongatum, 235
Jasminum pubescens, 138
Jatropha curcas, 289, 365
Juncus efusus, 158
Juncus prismatocarpus, 158, 204

Kadsura scandens, 88, 278
Knema cinerea, 87
Knema intermedia, 87, 119, 122
Kyllinga melanosperma, 158, 204

Lactuca rostrata, 176

Lagerstroemia speciosa, 260, 289,
 366
Lamprocysti sp., 72
Lanius schach bentet, 70
Lantana camara, 102, 105, 228, 237
Laphangium luteoalbum, 232
Lariscus insignis, 70
Lasianthus biflorus, 88
Lasianthus capitatus, 139
Lasianthus laevigatus, 138
Lasianthus purpureus, 138
Lasianthus stercorarius, 138
Laurembergia coccinea, 198, 202,
 204, 271, 278, 282, 286
Lavanga sarmentosa, 138
Lecanorchis javanica, 94
Leea aculeata, 86, 234
Leonotis nepetifolia, 104, 234
Lepidagathis javanica, 137
Lepionurus sylvestris, 235
Lepisanthes montana, 88
Lepistemon binectariferus, 233
Leptobrachium hasselti, 80
Leptophryne borbonica, 80
Leptophryne cruentata, 80
Leptospermum polygalifolium, 151,
 165, 166, 168, 169, 170, 178,
 179, 180, 181, 185, 188, 189,
 191, 199, 200, 205, 219, 235,
 242, 248, 265, 267
Lethe confusa, 81
Leucas decemdentata, 84, 234
Leucosyke candidissima, 88
Ligustrum glomeratum, 235, 240
Limnonectes kuhlii, 80
Limnonectes macrodon, 80
Limnonectes microdiscus, 80
Lindera polyantha, 135, 151
Lindernia glandulifera, 88

- Lindernia viscosa*, 236
Liparis bilobulata, 94
Liparis rheedii, 87
Liparis rhombea, 87
Lithocarpus blumeanus, 258, 259
Lithocarpus elegans, 132, 135, 143, 150, 152, 153, 154, 167, 169
Lithocarpus indutus, 135, 143, 156
Lithocarpus javensis, 86
Lithocarpus korthalsii, 135, 143, 152
Lithocarpus pallidus, 136, 169, 271
Lithocarpus pseudomoluccus, 135, 143, 144, 149, 151, 222, 224, 233, 329
Lithocarpus rotundatus, 128, 135, 151, 253
Lithocarpus sundaicus, 128, 163, 253
Litsea cassiaefolia, 135
Litsea cubeba, 169, 234, 240, 246
Litsea diversifolia, 167
Litsea elliptica, 86
Litsea ferruginea, 86
Litsea grandis, 86
Litsea mappacea, 135
Lobelia angulata, 138
Lobelia chinensis, 234
Lobelia montana, 138
Lobelia zeylanica, 86
Lonchura leucogastroides, 70
Lonicera acuminata, 232
Lonicera javanica, 73, 178, 179, 184, 192, 205, 232, 267, 273, 275, 277, 279, 280, 286
Lophozosterops fallax javanicus, 73
Lophozosterops javanicus, 71, 285
Lophozosterops javanicus frontalis, 285
Luvunga sarmentosa, 122
Lycopodium clavatum, 176, 185, 204, 205
Lycopodium miniatum, 186
Lycopodium phlegmaria, 138
Lycopodium volubile, 185
Lycopodium wightianum, 205
Lysimachia japonica, 236
Lysimachia laxa, 236
Lysimachia montana, 138, 236
Macaca fascicularis, 69, 70, 76, 82, 251
Macaranga rhizinoides, 120, 131, 224, 233, 240
Macaranga semiglobosa, 86, 120, 233, 252
Macaranga tanarius, 224, 233, 240
Macaranga triloba, 86, 119, 120, 233
Maclura cochinchinensis, 235, 278
Macrolenes muscosa, 87, 234
Macropanax concinnus, 142, 167
Macropanax dispermus, 142, 150
Macropanax undulatus, 85, 150
Macropigyia phasianella, 75
Macropygia unchall, 71, 73, 283
Macropygia unchal unchall, 74
Maesa latifolia, 139, 235
Maesopsis eminii, 59, 63, 102, 105, 120, 121, 122, 124, 262, 309
Magnolia elegans, 86
Magnolia liliifera, 128, 138, 150
Magnolia sumatrana var. *glauca*, 128, 144, 151, 221, 241, 253
Malaisia scandens, 235
Mallotus paniculatus, 86, 119, 120, 233, 241
Mallotus rufidulus, 86, 233
Malus domestica, 84, 101, 102, 105, 173, 192, 193, 326

- Mangifera similis*, 85
Maranthes corymbosa, 88
Marantodes pumilum, 87
Mastigophora diclados, 185
Mastixia pentandra, 85
Medinilla intermedia, 138
Medinilla javanensis, 138
Medinilla verrucosa, 94
Megalaena amirallis amillaris, 74
Megalaena corvina, 74
Megalaima armilaris, 70
Megalaima australis, 74
Megalaima corvina, 70
Megaspis chrysopygus, 72
Megaspis zonalis, 72
Megophrys montana, 80
Melanitis leda, 81
Melastoma malabathricum, 138, 167, 234, 240
Melastoma trachyphyllum, 167, 273
Melicope latifolia, 88, 119, 236
Meliosma nervosa, 151, 152
Meliosma nitida, 88
Meliosma pinnata, 121, 122
Meliosma simplicifolia, 88
Memecylon excelsum, 87, 94, 122
Memecylon olygoneurum, 87
Mentha arvensis, 234
Merremia vitifolia, 233
Microchites polyanthus, 91
Microhierax fringillarius, 75
Microhyla achatina, 80
Microhyla palmipes, 80
Micropera callosa, 87
Microscelis virescens virescens, 74
Microstrobilus alatua, 137
Milletia sericea, 86
Mischocarpus pentapetalus, 236
Mischocarpus sundaicus, 236
Mitrephora obtusa, 85, 231
Molineria capitulata, 85
Molineria latifolia, 138
Moorema sp., 81
Muntiacus muntjak, 69, 71
Murdannia nudiflora, 233
Murraya paniculata, 269
Musa acuminata, 138, 221, 235, 240, 359
Muscicarpa hyperhtra vulcani, 74
Muscicarpa hyperythra, 71
Muscicarpa indigo indigo, 74
Mussaenda frondosa, 138, 236, 240, 278, 279
Mycetia cauliflora, 138, 139, 167
Mydaus javanensis, 71
Myophonon caeruleus, 75
Myriactis javanica, 173, 178, 179, 186, 204, 232, 277
Myrica javanica, 163, 167, 170, 184, 185, 206, 235, 240, 245, 246, 271, 285, 291
Myristica iners, 87
Myrmechis glabra, 173, 284
Myrmechis gracilis, 84, 280, 284
Myrsine affinis, 132, 135, 151, 152, 153, 154, 165, 166, 167, 168, 177, 178, 179, 327
Myrsine hasseltii, 263
Myxopyrum nervosum, 87
Nasturtium officinale, 104
Neanotis hirsuta, 138, 236
Neesia altissima, 85, 119, 122
Neillia thyrsiflora, 94
Nelitris fruticosa, 149
Neolitsea cassiifolia, 86, 136
Neolitsea javanica, 135, 151, 152, 169, 246

- Neomarica caerulea*, 100
Neonauclea calycina, 88
Neonauclea lanceolata, 88, 221, 241, 262
Neoscortechinia kingii, 86
Nepenthes gymnaphora, 278, 282
Nephelaphyllum pulchrum, 87
Nephelium juglandifolium, 88, 94
Neuwiedia veratrifolia, 87
Neuwiedia zollingeri var. *javanica*, 87
Niviventer lepturus, 71
Nothoscordum gracile, 104
Nycticebus javanicus, 69, 76
Nyctimenius varicornis, 81
Nyctixalus margaritifex, 80
Nyssa javanica, 221, 241

Oberonia boerlageana, 94
Occidozyga sumatrana, 80
Octarrhena parvula, 87
Oenanthe javanica, 158, 204
Onthophagus angustatus, 81
Onthophagus aurifex, 81
Onthophagus avoceta, 81
Onthophagus dentacolis, 81
Onthophagus diabolicus, 81
Onthophagus drescheri, 81
Onthophagus foedus, 81
Onthophagus incisus, 81
Onthophagus javanensis, 81
Onthophagus leavis, 81
Onthophagus melangensis, 81
Onthophagus pacificus, 81
Onthophagus pauper, 81
Onthophagus rudis, 81
Onthophagus sp., 81
Onthophagus sumatranus, 81
Onthophagus tricornis, 81

Onthophagus variolaris, 81
Onthophagus waterstradli, 81
Ophiorrhiza longiflora, 98, 236, 278
Ophiorrhiza marginata, 88
Oplismenus compositus, 138, 235, 239
Oreocnide rubescens, 128, 131
Ormosia penangensis, 94
Orophea hexandra, 122, 123, 139
Ostodes paniculata, 91

Paederia verticillata, 88, 236
Pandanus furcatus, 138, 221, 235
Panthera pardus, 69, 71, 82, 251, 339, 340
Panthera pardus melas, 82, 251, 339, 340
Papilio arjuna (*gedeensis*), 70
Papilio helanus, 81
Papilio memnon, 81
Papilio paris, 81
Paradoxurus hermaphroditus, 82, 251, 287
Paragymnopleurus maurus, 81
Paragymnopleurus sparsus, 81
Paraserianthes lophantha, 47, 161, 163, 167, 169, 171, 180, 181, 182, 184, 185, 189, 191, 199, 200, 203, 206, 235, 243, 246, 275, 276, 330
Parasponia parviflora, 240
Parmarion sp., 72
Parochetus communis, 158, 204
Paspalum conjugatum, 138
Passiflora edulis, 102, 104
Passiflora foetida, 228, 235
Passiflora suberosa, 102, 104, 235
Pavetta indica, 136, 138, 279, 292
Payena leerii, 88

- Pegomyia bistrriata*, 72
Peltophorum pterocarpum, 261, 354
Peperomia laevifolia, 138
Peperomia sulcatum, 138
Peristrophe hyssopifolia, 231
Peristrophe roxburghiana, 85, 93
Pernis ptilorhynchus, 74
Perrottetia alpestris, 137, 139, 167
Persea excelsa, 94, 95
Persea rimosa, 131, 135, 142, 144,
148, 149, 154, 224, 262, 329
Persicaria chinensis, 138, 184, 206,
235, 240, 245, 265, 267, 274,
277, 283, 285
Persicaria lapathifolia, 173
Petaurista petaurista, 70
Phacosoma punctatus, 81
Phaius flavus, 173, 284
Phaius pauciflorus, 87
Philautus aurifasciatus, 80
Phoenicurus curvirostris, 75
Photinia integrifolia, 166, 167, 171,
178, 179, 192, 198, 236, 266,
267, 277, 280, 285
Phragmites karka, 158, 159
Phreatia plantaginifolia, 276
Phyllanthus pulcher, 86, 233
Phyllanthus urinaria, 233
Phylloscopus trivirgatus, 75
Physalis peruviana, 102, 105, 236
Picnonotus sp., 287
Picus mentalis, 74
Pilea melastomoides, 51, 158, 160,
271, 278, 284
Pilea microphylla, 237
Pimpinella leeuwenii, 286
Pimpinella pruatjan, 286
Pinanga coronata, 137, 150
Pinanga javana, 93
Piper aduncum, 87, 235
Piper blumei, 87
Piper caninum, 87
Piper peltatum, 87
Piper sulcatum, 278
Pitta guajan, 75
Pittosporum ramiflorum, 84, 279
Plagiogyria glauca, 153, 179
Planchonella duclitan, 88, 236
Planchonella obovata, 88
Plantago major, 173, 235, 266, 267,
273, 277, 286
Platanthera blumei, 94, 173, 277,
284
Platea excelsa, 86
Platea latifolia, 143, 144, 262
Plectranthus galeatus, 138, 234, 239
Plectranthus scutellarioides, 234
Plocoglottis javanica, 87
Pluchea indica, 206
Pnoepyga pasilla rufa, 74
Poa annua, 101, 103, 104, 195
Poa trivialis, 101, 103, 104
Podocarpus neriifolius, 131, 132,
221, 241, 326
Podochilus tenuis, 87
Poikilospermum suaveolens, 88, 237
Pollia hasskarlii, 137, 233
Pollia thyrsoflora, 85, 233
Polyalthia lateriflora, 85
Polygala paniculata, 102, 105
Polygala venenosa, 235
Polygonum paniculatum, 283, 284
Polygonum pleibeium, 158
Polyosma ilicifolia, 132, 135, 142,
148, 149, 150, 152, 153, 154,
165, 166, 169, 177, 178
Polyosma integrifolia, 88, 136, 142,
144, 149, 151, 154, 224, 329



- Polypedates leucomystax*, 80
Polystachya concreta, 87
Polystichum aculeatum, 173
Pomatocalpa kunstleri, 87
Pomatorhinus montanus, 73
Pometia pinnata, 252, 288, 316, 364, 365
Potamogeton octandrus, 158, 204
Potentilla indica, 198, 236
Precis ida, 70
Presbytis comata, 69, 71, 76, 79, 330
Presbytis cristata, 71
Primula prolifera, 84, 92, 173, 179, 266, 267, 277, 280, 281, 286
Prionailurus bengalensis, 69, 82, 251
Prioneris autothisce, 81
Procris frutescens, 237
Prunus arboreus, 262
Prunus armeniaca, 102, 105
Prunus grisea, 236
Prunus persica, 102, 105
Psaltria exilis, 74
Pseudechinolaena polystachya, 102, 138
Pseuderanthemum acuminatissimum, 85
Pseuduvaria reticulata, 85
Psychotria divergens, 150
Psychotria montana, 236, 278
Pteridium aquilinum, 240
Pternandra azurea, 87, 252
Pternandra caerulescens, 87, 119, 121, 122
Pterocarpus indicus, 260
Pterolophia crassipes, 81
Pterolophia melanura, 81
Pteruthius aenobarbus, 76
Pteruthius flaviscapis, 76
Pycnonotus aurigaster, 70
Pycnonotus bimaculatus, 70, 73, 74, 285
Pycnonotus bimaculatus barat, 74, 285
Pycreus flavidus, 158
Pyrenaria serrata, 144, 268
Quercus lineata, 128, 253, 258
Racomitrium lanuginosum, 174
Radermachera gigantea, 85, 122
Rana chalconota, 80
Rana hosii, 80
Ranunculus blumei, 163, 173, 174, 284
Ranunculus javanicus, 174, 179, 265, 280, 282, 284
Rapanea avenis, 84, 154, 171, 185, 192, 198, 200, 206, 271, 278, 285
Rapanea hasseltii, 128, 253
Rattus tiomanicus, 82, 251
Rhacomitrium lanuginosum, 188
Rhacophorus javanus, 80
Rhacophorus reinwardtii, 80
Rhamnus nepalensis, 91, 236
Rhaphidophora pinnata, 231
Rhaphidophora sylvestris, 231
Rhinopalpa polynice, 81
Rhipidura javanica, 70
Rhipidura phoenicura, 70, 73, 74
Rhodamnia cinerea, 221, 241
Rhododendron album, 282
Rhododendron citrinum, 84, 233, 282
Rhododendron javanicum, 96, 158, 172, 205, 233, 266, 267, 282
Rhododendron retusum, 167, 168, 170, 171, 175, 180, 181, 184,

- 185, 191, 192, 198, 233, 273,
275, 277, 282, 299, 327
- Rhynchospora rugosa*, 158, 204
- Richardia brasiliensis*, 102, 105, 236
- Ropica marmorata*, 81
- Rosa canina*, 100, 173
- Rosa rubiginosa*, 101, 173
- Roseodendron donnell-smithii*, 260
- Rostellularia sundana*, 93, 231
- Rothea serrata*, 88, 237
- Rubia cordifolia*, 236
- Rubus acuminatissimus*, 236
- Rubus alpestris*, 179, 236, 273
- Rubus chrysophyllus*, 236, 273
- Rubus ellipticus*, 84, 105, 236
- Rubus elongatus*, 236
- Rubus fraxinifolius*, 236, 273, 285
- Rubus hasskarlii*, 285
- Rubus hexagynus*, 273
- Rubus lineatus*, 73, 99, 172, 179,
184, 185, 192, 198, 236, 247,
273, 277, 285
- Rubus moluccanus*, 138, 236, 240
- Rubus niveus*, 273, 285
- Rubus niveus* ssp. *horsfieldii*, 285
- Rubus rosifolius*, 236, 247, 273
- Rubus sundaicus*, 236
- Rubus vestitus*, 101, 105, 286
- Rumex alpinus*, 84, 100, 173
- Rumex crispus*, 105
- Rungia rungiodes*, 137
- Rungia wightiana*, 85
- Ryparosa caesia*, 86
- Saccharum spontaneum*, 240
- Salvia hispanica*, 104
- Sambucus javanica*, 232
- Sandoricum koetjape*, 87
- Sanicula elata*, 137, 173, 179, 231
- Santalum album*, 290, 316, 348, 366
- Saprosma arboreum*, 88
- Sarcostoma javanica*, 87
- Sastraga*, 71
- Saurauia blumeana*, 150
- Saurauia bracteosa*, 139
- Saurauia pendula*, 121, 142, 149,
150, 154, 224, 329
- Saurauia reinwardtiana*, 150
- Sauropus rhamnoides*, 137
- Schefflera lucescens*, 172, 185, 192,
285
- Schefflera polybotria*, 85
- Schefflera rugosa*, 166, 167, 170,
171, 176, 285
- Schefflera scandens*, 153
- Schima wallichii*, 78, 121, 122, 123,
128, 131, 132, 135, 136, 139,
140, 142, 143, 144, 148, 149,
150, 152, 153, 154, 155, 156,
157, 166, 170, 177, 219, 221,
222, 224, 228, 237, 240, 241,
242, 248, 251, 253, 258, 262,
263, 326, 327, 329, 331, 333,
334, 355
- Schisandra elongata*, 278
- Schismatoglottis calyprata*, 231, 240
- Schoenoplectiella mucronata*, 204
- Schoenorchis juncifolia*, 276
- Scindapsus cuscuaria*, 85
- Scindapsus hederaceus*, 231
- Scleria terrestris*, 86, 233
- Scurrula fusca*, 285
- Scurrula lepidota*, 272, 275, 285
- Scutellaria discolor*, 138
- Selaginella fimbriata*, 138
- Selaginella wildenowii*, 138
- Selliguea feei*, 163, 179, 181, 183,
184, 199, 205, 235

- Semecarpus heterophylla*, 85
Senecio walkeri, 93
Senna floribunda, 232
Setaria palmifolia, 138
Sevillia flavopillosa, 72
Shorea laevis, 317, 361
Shutteria involucrata, 235
Shymbrenthia lilaea, 81
Sida acuta, 234
Sigesbeckia orientalis, 232
Sitta azurea, 70, 75, 76
Sloanea javanica, 86
Sloanea sigun, 156
Smilax celebica, 236
Smilax leucophylla, 88
Smilax odoratissima, 236
Smilax zeylanica, 107, 138, 236
Smythea lanceata, 87
Solanum aculeatissimum, 105, 236
Solanum americanum, 173, 277
Solanum ferox, 138, 236
Solanum torvum, 102, 105
Solanum tuberosum, 101, 173
Solanum verbascifolium, 236
Sonchus arvensis, 103, 232
Sonchus asper, 101, 103, 277
Sonchus malayanus, 232
Sonchus oleraceus, 103, 232
Sphenurus sphenurus korthalsii,
283, 285
Spilanthes iabadicensis, 232
Spilornis cheela, 75
Spiranthes sinensis, 276
Spizaetus bartelsi, 69, 75, 341, 354
Spizaetus cirrhatus limnaetus, 75
Stachyphrynium placentarium, 234
Stachytarpheta jamaicensis, 102,
105
Stellaria media, 284
Stemonurus secundiflorus, 86
Stephania capitata, 91, 278
Sterculia coccinea, 88, 236
Sterculia cordata, 88
Sterculia foetida, 260
Sterculia oblongata, 88
Sterculia subpeltata, 138
Stereocaulon graminosum, 184, 188,
203
Stibochiona coresi, 81
Straurogyne elongata, 85
Strobilanthes blumei, 137, 221, 231,
240
Strobilanthes cernua, 137, 150, 231,
240, 268
Strombosia javanica, 235
Sturnusopastor jallacontra, 70
Styphelia pungens, 285
Sus scrofa, 69, 71, 82, 251
Sus verrucosus, 71
Swertia javanica, 72, 173, 179, 186,
203, 204, 205, 233, 245, 265,
267, 273, 277, 279, 280
Sybra sp., 81
Symplocos cochinchinensis, 84, 136,
151, 166, 167, 171, 177, 178,
179, 185, 200, 205, 237, 266,
267, 273, 274, 277
Symplocos cochinchinensis var. *lauri-*
na, 151, 166, 167, 178
Symplocos costata, 122, 144, 167
Symplocos fasciculata, 149, 151, 237
Symplocos henschelii, 139, 279
Symplocos odoratissima, 237
Syrphus confracter, 72
Syrphus koningsbergeri, 72
Syrphus latistigratus, 72
Syrphus serarioides, 72
Syrphus serarius, 72

- Syzygium chloranthum*, 87
Syzygium glabratum, 142, 151, 152,
 154, 224, 329
Syzygium racemosum, 87, 170, 283
Syzygium rostratum, 251, 253

Tabernaemontana macrocarpa, 85
Tacca integrifolia, 88
Taeniophyllum glandulosum, 84
Talipariti simile, 86, 234
Taraxacum campyloides, 101, 103,
 104, 232, 307
Tarenna fragrans, 279
Tarenna laxiflora, 279
Tephrodornis virgatus, 75
Terminalia subspathulata, 85
Tesia superciliaris, 74
Tetrapanax papyrifera, 103
Tetrastigma dichotomum, 91
Tetrastigma glabratum, 91
Tetrastigma lanceolarium, 88, 237
Tetrastigma papillosum, 139, 278
Thalictrum javanicum, 236, 268,
 271, 284
Thelymitra javanica, 50, 198, 204,
 205, 235, 245, 265, 267, 276,
 277, 280, 284
Thunbergia coccinea, 103
Tithonia rotundifolia, 102, 104, 232
Toddalia asiatica, 138, 224, 236
Toona sureni, 251, 253, 330
Torenia asiatica, 138
Tournefortia tetrandra, 137
Toxicarpus lineatus, 91
Trachelophora cervicollis, 81
Trachypithecus auratus, 69, 76, 79,
 330
Trema orientalis, 88, 219, 237, 239,
 240, 242, 248

Treron oxyura, 74
Trichotomia pauciflora, 87
Tripogon filiformis, 189, 190, 195,
 197, 198, 200, 201, 204, 235,
 239, 309, 324, 328
Tripterospermum trinerve, 283
Triumfetta cana, 237
Triumfetta rhomboidea, 237
Tropaeolum majus, 102, 105
Tropaeolum peregrinum, 102, 105
Tupaia javanica, 70
Turdus javanicus fumidus, 73
Turdus poliocephalus, 71, 285
Turdus poliocephalus fumidus, 285
Turdus poliocephalus whiteheadi,
 285
Turpinia montana, 154, 167

Uncaria cordata, 236
Uncaria lanosa var. *ferrea*, 88
Uncaria lanosa var. *glabrata*, 88
Urceola javanica, 91
Urena lobata, 234
Urophyllum arboreum, 88, 138
Urophyllum macrophyllum, 88

Vaccinium korthalsii, 233
Vaccinium laurifolium, 153, 162,
 166, 167, 170, 172, 178, 179,
 192, 233, 265, 267, 273, 277
Vaccinium lucidum, 233
Vaccinium varingiaefolium, 71, 98,
 157, 161, 167, 168, 170, 173,
 175, 179, 180, 181, 182, 183,
 184, 185, 189, 191, 197, 198,
 199, 205, 233, 267, 273, 275,
 277, 323, 327, 328, 333
Valeriana hardwickii, 173, 237, 277
Vanessa canace javanica, 72

Vatica javanica, 86
Vernonia arborea, 84, 128, 139, 149,
 151, 219, 232, 241, 248, 262
Vernonia cymosa, 232
Vespa velutina, 72
Viburnum coriaceum, 166, 167, 171,
 178, 241, 277, 285
Viburnum cylindricum, 139, 232
Viburnum lutescens, 150, 232
Vigna radiata var. *sublobata*, 235
Viola odorata, 174
Viola pilosa, 173, 179, 186
Viverricula indica, 82, 251
Vulpia bromoides, 195

Wahlenbergia marginata, 232
Wedelia urticaefolia, 232
Weinmannia blumei, 139, 151, 167,
 219, 233, 242, 248, 268
Wendlandia glabrata, 234, 241
Wightia borneensis, 268

Willughbeia flavescens, 85
Wollastonia biflora, 232

Xantholaema rosea, 70
Xerospermum noronhianum, 88
Xyris capensis, 158, 204

Youngia japonica, 232

Zanthoxylum scandens, 236
Zehneria japonica, 91, 137
Zehneria scabra, 91
Zingiber acuminatum, 88
Zingiber inflexum, 139, 229, 237
Zingiber odoriferum, 237
Ziziphus horsfieldii, 91, 236
Zoothera citrina, 74
Zoothera dauma, 285
Zosterops montanus, 75, 76
Zosterops palpebrosa, 74, 285
Zosterops palpebrosa sindorensis,
 285

BIOGRAFI PENULIS



Kuswata Kartawinata saat ini merupakan *Research Associate* pada *The Integrative Research Center, Field Museum of Natural History, Chicago, USA*, khususnya meneliti hutan tropik dan taksonomi tumbuhan Indonesia (1992–sekarang). Ia pernah menjabat Kepala Herbarium Bogoriense, Lembaga Biologi Nasional, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bogor (1978–1984). Ia bergabung dengan Herbarium Bogoriense pada tahun 1959 dan telah berpengalaman menelaah lebih dari 50 tahun ekologi tumbuhan dan taksonomi. Ia juga pernah menjabat beberapa posisi, termasuk *Tropical Forest Biology Program Manager at the SEAMEO-BIOTROP (Regional Center for Tropical Biology)* di Bogor (1972–1975); *Program Specialist in Ecological Sciences at UNESCO-ROSTSEA (Regional Office for Science and Technology for Southeast Asia)* di Jakarta untuk mengelola program *the Man and the Biosphere (MAB)*, termasuk konservasi keanekaragaman hayati di kawasan Asia Tenggara dan Pasifik (1984–1992); *Senior Program Officer at the John D. & Catherine T. MacArthur Foundation* di Chicago, USA, untuk mengelola program konsevasi keanekaragaman hayati di kawasan Asia dan Pasifik (1992–1998); *Director of Malinau Research Forest, Center for*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

International Forestry Research (CIFOR) di Bogor, untuk mengelola program tentang Forest, Science and Sustainability di Kalimantan Timur (1998–2001). Ia juga pernah menjadi anggota aktif Komite Nasional Man and the Biosphere (MAB) Indonesia (1973–1984) menangani program interaksi antara manusia dan hutan. Ia mengajar dan membimbing mahasiswa S2 & S3 di Program Pascasarjana Biologi, FMIPA, Universitas Indonesia (2000–2017). Ia memperoleh gelar *Ph.D. in Plant Sciences* dari *University of Hawaii at Manoa*, Honolulu, Hawaii, USA pada tahun 1971. Korespondensi dengan penulis melalui *e-mail*: kkartawinata@gmail.com.



Enny Sudarmonowati sejak menjadi peneliti LIPI tahun 1986 telah melakukan berbagai penelitian dasar dan aplikasi di lapang mencakup konservasi *ex situ* berbagai jenis tanaman hutan dan tanaman pertanian untuk pelestarian plasma nutfah, baik di lapang maupun di laboratorium menggabungkan teknik konvensional dan bioteknologi. Selain konservasi, ia juga melakukan penelitian dan kegiatan pemanfaatan berkelanjutan untuk transfer teknologi ke masyarakat di beberapa daerah di Indonesia. Selain sebagai peneliti, setelah memperoleh gelar Ph.D dari University of Bath-Inggris awal 1991, ia juga aktif sebagai aktivis lingkungan, terutama pada periode 1996 sampai dengan 2011, dengan organisasi internasional dan membentuk LSM lokal dengan program konservasi dan monitoring *wildlife*, monitoring kualitas air, pendidikan lingkungan, pendampingan masyarakat, dan pengelolaan sampah, serta pemanfaatan berkelanjutan biodiversitas. Ia juga aktif di Komite Nasional MAB Indonesia dimulai sebagai Sekretaris Komite Nasional pada periode 2002–2004 dan tim *Ad Hoc* revitalisasi Program MAB Indonesia tahun 2003, lalu menjadi Ketua Komite Nasional MAB Indonesia semasa menjadi Deputy Bidang Ilmu

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pengetahuan Hayati (IPH) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI, sekarang BRIN) pada tahun 2014–2019. Pada masa ini, ia sebagai pendorong adanya logo di masing-masing cagar biosfer yang menjadikan CB Cibodas merupakan pionir yang mempunyai logo CB di Indonesia sehingga juga menjadi pionir “*branding*” produk unggulan yang ramah lingkungan yang disertifikasi lingkup tertentu dengan logo tersebut. Selama menjabat sebagai President ICC MAB (International Coordinating Council Man and Biosphere) UNESCO pada periode 2018–2020, ia sangat aktif mendorong nominasi cagar biosfer baru di Indonesia dan negara lain serta meningkatkan kualitas cagar biosfer yang sudah ada. Selain itu juga menjadi koordinator dan giat melakukan penelitian bekerja sama dengan lembaga dan perguruan tinggi nasional dan internasional, termasuk pendanaan dari UNESCO, UNDP, CIFOR, Bioversity International terkait tanaman hutan terancam punah atau yang bernilai ekonomi tinggi dengan berbagai teknik termasuk menjadi koordinator penelitian menghimpun *baseline* data berbagai aspek di wilayah calon cagar biosfer, seperti di Giam Siak Kecil- Bukit Batu. Hingga saat ini, ia tetap aktif berperan untuk meningkatkan kemanfaatan cagar biosfer di dalam maupun luar negeri. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail*: e.sudarmonowati@gmail.com; enny02@brin.go.id.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



KERAGAMAN VEGETASI ALAMI CAGAR BIOSFER CIBODAS

Secara ringkas, buku ini mengajak kita untuk mengetahui salah satu dari 19 cagar biosfer di Indonesia saat ini, dan juga termasuk dari empat cagar biosfer tertua di Indonesia. Buku ini dapat dianggap yang pertama terkait penelitian yang komprehensif menyangkut keragaman vegetasi alami di salah satu cagar biosfer yang telah dikukuhkan oleh UNESCO.

Cagar biosfer Cibodas ini bersama tiga cagar lainnya, yaitu CB Komodo, CB Tanjung Putting, dan CB Lore Lindu, merupakan yang tertua di Indonesia karena dikukuhkan pada Tahun 1977 oleh UNESCO. Buku ini memuat pertelaan naratif–kualitatif tentang fakta-fakta yang diuraikan oleh para peneliti pada masa ekologi kualitatif sebelum Perang Dunia II dan penelitian era setelahnya serta penelitian yang diperlukan di masa mendatang dikaitkan dengan perkembangan teknologi masa kini.

Selamat Membaca!

ini tidak diperjualbelikan.



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie, Jln. M.H. Thamrin No. 8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: 0811-8612-369
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.go.id

DOI 10.55981/brin.471



ISBN 978-623-8052-13-4



9 786238 052134