KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

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

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

All Rights Reserved

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

LIPI Press

© 2014 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Pusat Penelitian Biologi

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia 2014/ Elizabeth A. Widjaja, Yayuk Rahayuningsih, Joeni Setijo Rahajoe, Rosichon Ubaidillah, Ibnu Maryanto, Eko Baroto Walujo dan Gono Semiadi–Jakarta: LIPI Press, 2014.

xxiv hlm + 344 hlm.; 21 x 29,7 cm

ISBN 978-979-799-801-1

1. Keanekaragaman 2. Hayati
3. Indonesia

333.95

Copy editor : M. Fadly Suhendra, Risma Wahyu H., Sarwendah P. Dewi, Martinus Helmiawan
Proofreader : Prapti Sasiwi, Siti Kania Kushadiani, Rahmi Lestari Helmi
Penata isi : Ruliyana Susanti, Eko Sulistyadi, Rahma Hilma Taslima, Ariadni
Desainer Sampul : Deden Sumirat Hidayat
Ilustrator : Rusli Fazi

Cetakan Pertama : November 2014
Cetakan Kedua : Juni 2015

LIPI

Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Jln. Gondangdia Lama 39, Menteng, Jakarta 10350
Telp. (021) 314 0228, 314 6942. Faks. (021) 314 4591
E-mail: press@mail.lipi.go.id

Bekerja sama dengan

Kementerian Lingkungan Hidup

Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/
Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)

Didukung oleh

UNDP

gef
GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR ix
PENGANTAR PENERBIT xiii
KATA PENGANTAR KEPALA LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA xv
KATA PENGANTAR MENTERI NEGARA PERENCANAAN PEMBANGUNAN NASIONAL xvii
KATA PENGANTAR MENTERI LINGKUNGAN HIDUP xix
RINGKASAN EKSEKUTIF xxi
BAB 1 | PENDAHULUAN 5
BAB 2 | KEANEKARAGAMAN EKOSISTEM 11
2.1 Ekosistem Alami 11
2.2 Ekosistem Buatan 41
BAB 3 | KEANEKARAGAMAN JENIS 49
3.1 Keanekaragaman Jenis Biota Laut 49
3.2 Keanekaragaman Jenis Biota Terestrial 54
BAB 4 | Koleksi Referensi Nasional Keanekaragaman Hayati 103
4.1 Sejarah Koleksi Referensi Nasional 103
4.2 Referensi Fauna 108
4.3 Referensi Flora 111
4.4 Referensi Kultur Mikrob 114
4.5 Referensi Fauna Hidup 117
4.6 Referensi Flora Hidup 119
BAB 5 | KEANEKARAGAMAN GENETIKA 127
5.1 Hewan 127
5.2 Tanaman 134
5.3 Mikrob 152
BAB 6 | PERAN KEANEKARAGAMAN HAYATI 157
6.1 Pangan 157
6.2 Kesehatan 168
6.3 Sumber Energi Terbarukan 178
6.4 Jasa Ekosistem (*Ecosystem Services*) 179
BAB 7 | JENIS ASING INVASIF 201
7.1 Pengertian Jenis Asing dan Invasif 201
7.2 Introduksi JAI di Indonesia 202
7.3 Jenis-Jenis Asing dan Invasif di Indonesia 203
BAB 8 | INDIKATOR BIOLOGI 219
8.1 Binatang sebagai Bioindikator 219
8.2 Tumbuhan sebagai Bioindikator 222
8.3 Mikrob sebagai Bioindikator 223

BAB 9 | KEHILANGAN KEANEKARAGAMAN HAYATI 229
9.1 Perubahan habitat 229
9.2 Masuknya JAI 234
9.3 Polusi 234
9.4 Eksploitasi yang Berlebihan 237
9.5 Perubahan Iklim 239
BAB 10 | PERLINDUNGAN DAN PENYELAMATAN KEANEKARAGAMAN HAYATI 243
10.1 Kawasan Konservasi *In Situ* 243
10.2 Kawasan Konservasi *Ex Situ* 247
10.3 Inisiasi dan Legislasi 251
10.4 Strategi Penyelamatan Ekosistem dan Jenis 252
10.5 Bencana Biologi 270
10.6 Potensi Zoonosis 271
BAB 11 | TANTANGAN DAN HARAPAN PENGELOLAAN KEANEKARAGAMAN HAYATI 283
DAFTAR PUSTAKA 289
GLOSARIUM 317
INDEKS JENIS 323
DAFTAR KONTRIBUTOR BUKU 339

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Beberapa Fauna Laut Dalam di Indonesia....16
Tabel 2. Jumlah dan Luas Danau di Indonesia....18
Tabel 3. Luas dan Sebaran Hutan Mangrove di Indonesia....20
Tabel 4. Lokasi Hutan Mangrove untuk Perlindungan Satwa Liar Di Indonesia....21
Tabel 5. Perbandingan Keadaan Lingkungan di Luar dan di Dalam Gua....32
Tabel 6. Jumlah Fauna Laut yang Ditemukan di Perairan Indonesia....49
Tabel 7. Jumlah Suku dan Jenis dari Lima Echinodermata di Indonesia....50
Tabel 8. Jumlah Jenis Krustasea Laut....50
Tabel 9. Jumlah Jenis Polychaeta di Perairan Indonesia....51
Tabel 10. Jumlah Alga dan Flora Laut yang Ditemukan di Perairan Indonesia....52
Tabel 11. Daftar Bangsa Serangga Indonesia....64
Tabel 12. Daerah Sebaran Lebah Madu di Indonesia....67
Tabel 13. Jumlah Jenis Orthoptera....67
Tabel 14. Endemisitas Krustasea Air Tawar....70
Tabel 15. Prioritas Jenis Krustasea untuk Mendapatkan Perlindungan....71
Tabel 16. Ekstrapolasi Jumlah Jenis Setiap Pulau dan Persentase Endemisitasnya....85
Tabel 17. Jumlah Jenis Bambu Berdasarkan Puak Bambuseae dan Anak Puak Bambusinae dan Racemobambosinae....88
Tabel 18. Daftar Jenis-Jenis Ramin Beserta Daerah Persebaran dan Habitatnya Di Indonesia....96
Tabel 19. Ekspedisi Museum Zoologicum Bogoriense Sebelum Kemerdekaan Republik Indonesia....107
Tabel 20. Perbandingan Koleksi Spesimen Burung di MZB dan Status Jenis Burung di Indonesia....111
Tabel 21. Keragaman Genetika Ayam Lokal Indonesia Tingkat *In Situ* dan *Ex Situ*....133
Tabel 22. Keragaman Genetika Itik Lokal Indonesia....134
Tabel 23. Komodoti Unggulan Tanaman Pangan dan Pertanian....135
Tabel 24. Daftar Varietas Lokal Durian yang Sudah Didaftar....141
Tabel 25. Varietas Liar *Musa acuminata* dan *M. balbisiana* yang Terdapat di Indonesia....143
Tabel 26. Kultivar Lokal Pisang yang Sudah Didaftar....144
Tabel 27. Varietas Hasil Pemuliaan yang Sudah Didaftar....144
Tabel 28. Varietas Lokal yang Sudah Dilepas....144
Tabel 29. Kultivar Unggul Buah Lokal yang Terdapat di Balai Penelitian Buah Tropika....146
Tabel 30. Jenis Tanaman Hutan Prioritas untuk Penelitian dan Pengembangan....148
Tabel 31. Konservasi Genetika Beberapa Jenis Prioritas Tanaman Hutan....149
Tabel 32. Beberapa Lokasi Pelestarian *Ex Situ* Sumber Daya Genetika Tanaman Hutan....150
Tabel 33. Jenis Bahan dan Produk Pangan yang Melibatkan Keberadaan Mikrob....168
Tabel 34. Mikrob yang Berperan dalam Proses Enzimatik Bahan Pangan....169
Tabel 35. Beberapa Mikrob yang Telah Berhasil Diisolasi dari Berbagai Lingkungan dan Dikarakterisasi Sifat dan Potensi Pemanfaatan sebagai Penghasil Bahan Obat....177
Tabel 36. Daftar Mikrob Utama Agen Biyang Induk (Starter) Pupuk Organik Hayati (POH) dan Perannya dalam Menunjang Produksi Tanaman....187
Tabel 37. Daftar Mikrob Penambat N Bebas yang Dikoleksi dan Dimanfaatkan untuk Mendukung Pertumbuhan Tanaman Kedelai....188

Tabel 38. Mikrob Tanah yang Digunakan sebagai Agen Starter Pupuk Organik Hayati (POH) LIPI 188
Tabel 39. Mikrob Bermanfaat untuk Agen Pupuk Organik Hayati (POH) dan Lingkungan 191
Tabel 40. Pemanfaatan Jasa Lingkungan Taman Nasional di Jawa untuk Ekowisata 195
Tabel 41. Contoh Ikan Asing Invasif Berbahaya 207
Tabel 42. Strategi Terkait dengan Keberadaan JAI 213
Tabel 43. Jenis Endemik dan Hasil Monitoring 233
Tabel 44. Populasi Mikrob Bermanfaat pada Beberapa Perubahan Ekosistem Hutan 234
Tabel 45. Luas Tiga Tipe Utama Pengelolaan Hutan di Indonesia 244
Tabel 46. Luas dan Jumlah Kawasan Konservasi di Indonesia 245
Tabel 47. Jumlah Koleksi Tumbuhan di Kebun Raya Indonesia (hingga Juni 2013) 248
Tabel 48. Daerah Burung Endemik (DBE) di Indonesia 250
Tabel 49. Daerah Penting Burung (DPB) Indonesia 256
Tabel 50. Beberapa Jenis Fauna yang Menjadi Jenis Prioritas Konservasi Nasional 257
Tabel 51. Kenaikan Individu pada 14 Jenis Prioritas Nasional 258
Tabel 52. Tantangan dan Harapan Pengelolaan Kehati Indonesia 284

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. *The Ring of Fire* 5
Gambar 2. Garis Wallace, Weber, dan Lydekker 6
Gambar 3. Pembagian mintakat secara horizontal dan vertikal pada perairan laut 12
Gambar 4. Hamparan terumbu karang jenis *Acropora* di Pulau Tokong Berlayar, Kepulauan Anambas 13
Gambar 5. Beberapa contoh biota yang hidup di padang lamun di Lombok 15
Gambar 6. Danau Tomohon, Sulawesi Utara 17
Gambar 7. (A) Tegakan *Rhizopora apiculata* muda di Likupang, Sulawesi Utara dan (B) Penanaman *Bruguiera* di Probolinggo, Jawa Timur 19
Gambar 8. Tipe vegetasi di Indonesia 24
Gambar 9. Hutan pantai berpasir 25
Gambar 10. *Ipomoea pes-caprae* yang mendominasi formasi *pes-caprae* pada ekosistem pantai di Pulau Anak Krakatau 25
Gambar 11. *Baringtonia asiatica* (A. bunga, B. buah) yang mendominasi formasi *Baringtonia* 26
Gambar 12. Kanopi dari hutan dipterokarpa di Kalimantan Timur, memperlihatkan pohon *Shorea laevis* yang mencuat 27
Gambar 13. Hutan kerangas di Desa Bawan Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah 28
Gambar 14. Peta sebaran kawasan karst di Indonesia 32
Gambar 15. Gua Kalepale di Pulau Waigeo, Papua dengan ornamen gua yang sangat indah 33
Gambar 16. Profil gua menunjukkan pembagian berbagai tipe zona gua 34
Gambar 17. Kecoak gua raksasa, *Miroblatta baai*, endemik di Karst Sangkulirang, Kalimantan Timur 34
Gambar 18. Koloni kelelawar pemakan buah, *Rousettus amplexicaudatus* di mulut Gua Ngerong, Tuban Jawa Timur 35
Gambar 19. Kepiting gua dari Waigeo hasil ekpedisi Widya Nusantara LIPI 2007. Atas: *Karstarma ardea*, bawah: *Charinus* 35
Gambar 20. Savana di Nusa Tenggara Barat dengan tegakan widoro (*Zyzypus jujuba*) 36
Gambar 21. Padang savana di Manurana, Sumba 37
Gambar 22. Kiri: *Rhodendron* sp. dan Kanan: *Vaccinium* sp. Jenis tumbuhan yang dapat ditemukan di ekosistem pegunungan atas 39
Gambar 23. Rawa lumut pada ketinggian di atas 2.000 m di Mekongga, Sulawesi Tenggara 40
Gambar 24. "Edelweiss" (*Anaphalis* sp.), jenis tumbuhan yang dapat ditemukan di ekosistem sub-alpin 41
Gambar 25. Ekosistem alpin di Papua 41
Gambar 26. (A) Ikan hiu (*Carcharinus sorrah*) dan (B) ikan pari (*Dasyatis kuhlii)* yang dapat ditemukan di perairan Indonesia 50
Gambar 27. Kondisi koral Indonesia masa lalu dan saat ini 52
Gambar 28. Jumlah jenis burung di tujuh kawasan di Indonesia 55
Gambar 29. Jumlah jenis amfibi di tujuh kawasan di Indonesia 59
Gambar 30. Jumlah jenis reptilia di tujuh kawasan di Indonesia 59
Gambar 31. Jumlah jenis ikan air tawar di enam kawasan di Indonesia 60
Gambar 32. Jumlah jenis Gastropoda dan bivalvia terestrial di Indonesia 61
Gambar 33. Sebaran jenis kepiting air tawar di Indonesia 61
Gambar 34. Keanekaragaman jenis udang air tawar di Indonesia 62
Gambar 35. Keanekaragaman jenis Arachnida di Indonesia 63

Gambar 36. Keanekaragaman jenis Collembola di Indonesia....63
Gambar 37. Jumlah jenis capung Indonesia....65
Gambar 38. Jenis baru lalat buah, (A) *Drosophila (Drosophila) barobusta* dan (B) *Drosophila (Drosophila) baliensis*....65
Gambar 39. Jumlah jenis tawon dan semut di Indonesia....66
Gambar 40. Lebah sebagai polinator yang penting bagi tumbuhan....66
Gambar 41. Jangkrik raksasa (*Sea ferox*)....67
Gambar 42. Endemisitas fauna vertebrata Indonesia (%)....67
Gambar 43. Jenis baru burung (A) *Melipotes carolae* dari Papua yang Dideskripsi Tahun 2007 dan (B) *Tyto almae* yang Ditemukan di Pulau Buru dan Dideskripsi Tahun 2013....68
Gambar 44. Tingkat endemisitas burung, reptil, dan ikan air tawar di tujuh pulau utama Indonesia....69
Gambar 45. Jumlah jenis kupu-kupu endemik di Indonesia....71
Gambar 46. Kondisi alga di Indonesia berdasarkan kingdomnya....73
Gambar 47. Sebaran alga berdasarkan habitatnya....73
Gambar 48. Sebaran jenis alga berdasarkan pulau di Indonesia....73
Gambar 49. Jumlah alga berdasarkan filumnya....74
Gambar 50. Keanekaragaman jenis kriptogam di Indonesia yang sudah terungkap....75
Gambar 51. Data kriptogam per pulau di Indonesia....76
Gambar 52. Jamur yang dapat ditemukan di Indonesia (searah jarum jam) (A) *Marasmius* sp.; (B) *Collybia* sp.; (C) *Boletus* sp.; (D) *Marasmiellus* sp.; (E) *Marasmius aurantiobasalis*; dan (F) *Hidropus*....77
Gambar 53. Histogram jumlah paku-pakuan di Indonesia tahun 2013....80
Gambar 54. Histogram jumlah Gymnospermae di Indonesia per pulau....81
Gambar 55. (A) Histogram jumlah jenis Angiospermae di Indonesia dan (B) Jumlah Jenis Angiospermae per pulau dan jumlah jenis endemiknya....83
Gambar 56. Jumlah jenis anggrek pada setiap pulau di Indonesia....86
Gambar 57. Jenis baru anggrek dari berbagai pulau di Indonesia....87
Gambar 58. Jumlah jenis bambu di setiap pulau (angka di atas garis menunjukkan jumlah jenis dan angka di bawah garis menunjukkan jenis endemiknya)....89
Gambar 59. (A) Rumah sementara antigempa dan (B) Rumah komposit bambu....89
Gambar 60. *Bambusa blumeana, Bambusa vulagris, Dendrocalamus asper, Gigantochloa atroviolacea, Gigantochloa atter, Gigantochloa apus* (mengikuti arah jarum jam)....91
Gambar 61. Bunga (A) *Amorpophallus titanium, (*B) *A. variabilis,* (C) *A. muellerii,* (D) *A. paeonifolius* yang tumbuh di Kebun Raya Bogor....93
Gambar 62. Rafflesia yang dapat ditemukan di Indonesia (A) *Rafflesia arnoldii,* (B) *R. lawangensis*, (C) *R. micropylora*, dan (D) *R. pricei*....95
Gambar 63. Penimbunan gaharu, pohon gaharu buaya tua, pohon gaharu muda, dan potongan kayu gaharu (searah jarum jam).....97
Gambar 64. Jumlah jenis mikrob yang ditemukan di Indonesia....98
Gambar 65. Keanekaragaman kapang hasil isolasi di berbagai lingkungan Indonesia....99
Gambar 66. Koleksi basah (kiri) dan koleksi kering (kanan), cara pengawetan spesimen di Museum Zoologicum Bogoriense....108
Gambar 67. Kiri: Ruang penyimpanan koleksi kering, Kanan: Ruang penyimpanan koleksi basah.....108
Gambar 68. Spesimen holotipe *Melipotes* carolae dengan label merah dari Papua yang dideskripsi tahun 2010....109
Gambar 69. Komposisi koleksi fauna MZB. Spesimen serangga merupakan koleksi terbesar.....109
Gambar 70. Komposisi jumlah spesimen tipe di MZB....110
Gambar 71. Gambar lokasi koleksi spesimen fauna dari berbagai kelompok takson....110
Gambar 72. Perbandingan antara jumlah jenis takson dari kelompok vertebrata yang sudah terkoleksi oleh MZB dan jumlah jenis takson tersebut di Indonesia....111
Gambar 73. Koleksi tipe di Herbarium Bogoriense....112
Gambar 74. Jumlah koleksi spesimen herbarium di Herbarium Bogoriense....113
Gambar 75. Koleksi spesimen alga dan tumbuhan berspora di Herbarium Bogoriense berdasarkan jumlah suku....113

Gambar 76. Koleksi herbarium tumbuhan berbunga berdasarkan (A) jumlah suku dan (B) jumlah lembar koleksi 113
Gambar 77. Luas pulau, jumlah koleksi dan indeks kerapatan koleksi di Indonesia hingga tahun 1950 114
Gambar 78. Peta persebaran koleksi di Indonesia sejak Herbarium Bogoriense didirikan.. 115
Gambar 79. Peta menunjukkan lokasi yang masih perlu dilakukan eksplorasi: Menunjukkan area yang masih perlu dieksplorasi secara ekstensif (hasil eksplorasi sudah ada) dan menunjukkan area yang perlu dieksplorasi secara intensif 115
Gambar 80. Kultur mikrob dalam bentuk kering-beku di koleksi kultur InaCC 116
Gambar 81. Jumlah isolat pada koleksi kultur mikrob referensi nasional (InaCC). 116
Gambar 82. Lembaga konservasi di Indonesia, sebagai referensi koleksi hidup fauna satwa dan tumbuhan 117
Gambar 83. Beberapa koleksi fauna hidup di Lembaga Konservasi. (A) Gajah Sumatera (*Elephans maximus sumateranus*), (B) Beruang madu (*Helarctos malayanus*) 118
Gambar 84. Jumlah koleksi kebun raya Indonesia per Desember 2013 119
Gambar 85. Koleksi anggrek (Orchidaceae) KR Bogor, Cibodas, dan Purwodadi 119
Gambar 86. Jumlah kebun arboretum per provinsi di Indonesia 122
Gambar 87. Luasan arboretum per provinsi (ha) 122
Gambar 88. Jumlah kebun plasma nutfah berdasarkan jenis yang ditanam 123
Gambar 89. Sapi bali (*Bos javanicus*) sebagai banteng yang telah didomestikasi 130
Gambar 90. Domba garut hasil persilangan segitiga antara domba lokal (asli Indonesia), domba cape/*capstaad* (domba ekor gemuk atau kibas) dari Afrika Selatan dan domba merino dari Asia Kecil 132
Gambar 91. Beberapa contoh rumpun kambing lokal Indonesia 132
Gambar 92. Beberapa kultivar mangga koleksi Balitbu 139
Gambar 93. Beberapa kultivar durian koleksi Balitbu 141
Gambar 94. Kebun *working population* yang telah dibangun di KP Sungai Putih 147
Gambar 95. Kapang *Aspergillus oryzae* dengan spora putih (1) dalam kultur curah sel (2) untuk menghasilkan prebiotik fruktooligosakarida (3) 153
Gambar 96. Sumber daya genetika (1) untuk fermentasi padat angkak atau beras merah; (2) dengan kapang *Monascus pupureus* yang menunjukkan koloni berpigmen merah, dan (3) spora mikroskopis 153
Gambar 97. Populasi ternak di Indonesia 161
Gambar 98. Peta umbi-umbian di Pulau Sulawesi 166
Gambar 99. Pemetaannya umbi-umbian berdasarkan jenis batuan. 167
Gambar 100. Aktivitas ekstrak beberapa jenis tumbuhan sebagai antimalaria *Plasmodium falciparum* (□) dan anti *Babesia gibsooni* (■) 174
Gambar 101. Struktur kimia beberapa metabolit sekunder dari *B. javanica*. 175
Gambar 102. Struktur kimia beberapa metabolit sekunder dari *Q. Indica*. 175
Gambar 103. Struktur kimia beberapa jenis metabolit sekunder dari *P. javanica*. 175
Gambar 104. Beberapa metabolit bioaktif dari tumbuhan benalu *Scurrula arthropurpurea* dengan inang tumbuhan teh (*Camellia sinensis*). 175
Gambar 105. Jasa-jasa ekosistem, pada kotak ekologi yang berbeda (udara, tanah, air dan keragaman hayati) dan persinggungannya, yang dapat meningkatkan atau menurunkan kegiatan pertanian 181
Gambar106. Persentase *fruit set* pada 10 tandan buah kelapa sawit (kiri) dan proporsi (%) buah terserbuki dan tidak (kanan) 183
Gambar 107. Contoh sebagian keselarasan antara cara penyerbukan dan struktur bunga 184
Gambar 108. Skema cara kerja kelompok mikrob penambat N di alam 188
Gambar 109. Titik mata air dan area restorasi di kawasan hutan Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat 193
Gambar 110. Bagan alur jasa lingkungan air di Lombok 194
Gambar 111. Flora dan fauna asing di Indonesia 203
Gambar 112. Jumlah organisme pengganggu tumbuhan karantina yang termasuk kategori A1 dan A2 204

Gambar 113. Contoh jenis tumbuhan invasif yang dapat ditemukan di TN Gunung Gede Pangrango.. 205
Gambar 114. Matriks klasifikasi skor relatif risiko maupun fisibilitas pengendalian tumbuhan invasif... 210
Gambar 115. Bagan penyusunan Kepres/Inpres untuk JAI 211
Gambar 116. Perubahan luasan tutupan lahan dari tahun 2000 hingga 2009 di Indonesia 230
Gambar 117. Pemetaan jenis endemik yang ditemukan dan yang tidak diketemukan pada tutupan lahan 2009 di Sulawesi Tengah 233
Gambar 118. Hasil inventarisasi jenis tumbuhan dan jenis endemik di Sulawesi tahun 2013 dibandingkan dengan pustaka terdahulu 233
Gambar 119. Keberadaan populasi mikrob umum dalam kaitannya dengan tingkat pencemaran logam berat pada lokasi *sampling* berdasar jarak dari sumber polutan di Sungai Cikijing, Rancaekek-Bandung 236
Gambar 120. Populasi mikrob agen denitrifikasi dan aktivitas reduksi Nitrat pada lokasi *sampling* berdasar jarak dari sumber polutan di Sungai Cikijing, Rancaekek-Bandung 236
Gambar 121. Limbah buangan pabrik tekstil yang masuk saluran irigasi persawahan (A), *sampling* tanah sawah tercemar logam berat limpasan limbah (B)..... 236
Gambar 122. Peta jenis endemik di Sulawesi Selatan..... 238
Gambar 123 Persebaran kawasan konservasi di Indonesia..... 245
Gambar 124. Peta persebaran kebun raya di Indonesia 249
Gambar 125. Peta rencana pengembangan kebun raya di Indonesia 250
Gambar 126. Jumlah provinsi dan kabupaten yang telah mengembangkan taman kehati hingga tahun 2013..... 251
Gambar 127. Wilayah persebaran pengembangan kawasan konservasi perairan..... 253
Gambar 128. Kawasan penting biodiversitas kawasan Wallacea 255
Gambar 129. Kakaktua kecil jambul kuning (*Cacatua sulphurea*) 258
Gambar 130. Elang Jawa, *Spizaetus bartelsi*..... 259
Gambar 131. Maleo, *Macrocephalon maleo*..... 260
Gambar 132. Curik Bali, *Leucopsar Rothschildi*..... 260
Gambar 133. Fragmentasi hutan di Sumatera..... 262
Gambar 134. Peta sebaran KMH di Sumatera dan pola intensitas konflik 263
Gambar 135. Status Flora dan Fauna dalam IUCN Red data list..... 266
Gambar 136. Distribusi titer virus Nipah dan Hendra pada serum kalong di Menado Sulawesi Utara dan Pontianak Kalimantan Barat dengan uji Serum Netralisasi..... 273
Gambar 137. Jumlah jenis virus yang unik (dari ICTV taksonomi) untuk setiap ordo mamalia dari tinjauan banyak literatur 274

PENGANTAR PENERBIT

Sebagai penerbit ilmiah, LIPI Press memiliki tanggung jawab untuk mencerdaskan kehidupan bangsa melalui penyediaan terbitan ilmiah yang berkualitas. Buku ilmiah dengan judul *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia* ini telah melalui mekanisme penjaminan mutu, termasuk proses penelaahan dan penyuntingan oleh Dewan Editor LIPI Press.

Buku ini bertujuan untuk menyusun dan mendokumentasikan status terkini keanekaragaman hayati di Indonesia secara menyeluruh. Keanekaragaman hayati terdiri dari seluruh makhluk hidup mulai dari organisme secara individu hingga bentangan ekosistem yang sangat kompleks. Buku ini membahas secara detail seluruh keanekaragaman ekosistem, jenis, dan genetika yang dimiliki oleh Indonesia. Letak geografis dan astronomis Indonesia yang sangat strategis membuat negara kita sangat kaya akan keanekaragaman hayati. Dengan peluang pemanfaatannya yang begitu besar demi pembangunan kesejahteraan masyarakat, dokumentasi menyeluruh tentang keanekaragaman hayati menjadi sumber data yang sangat penting.

Harapan kami, semoga buku ini dapat menjadi sumber acuan utama bagi para pengambil kebijakan untuk menjalankan strategi nasional dalam pengelolaan keanekaragaman hayati secara berkelanjutan. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ini.

LIPI Press

KATA PENGANTAR
KEPALA LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA

Puji syukur saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga buku *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia* dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, terutama dalam bidang taksonomi atau biosistematika menuntut selalu adanya validitas data. Atas dasar ini maka seluruh informasi yang menjadi cakupan buku ini dapat dipertanggung-jawabkan karena telah mempergunakan status dan nama terkini yang berlaku, baik secara nasional maupun internasional. Status kekinian informasi dihimpun dari berbagai hasil penelitian, hasil eksplorasi dan inventari-sasi, baik *database* nasional maupun internasional serta data hasil kerja sama penelitian yang telah dilakukan dengan institusi nasional dan internasional bidang keanekaragaman hayati Indonesia.

Tulisan yang disajikan memiliki kelengkapan informasi dan telah disusun secara sistematis, mulai dari tingkat keanekaragaman ekosistem, jenis, genetik serta berbagai contoh kajian, antara lain peran keanekaragaman hayati, indikator biologi, bencana biologi yang sedang dihadapi, dan juga tentang kehilangan keanekaragaman hayati. Kajian perlindungan dan penyelamatan keanekaragaman hayati, tantangan, dan harapan diuraikan untuk memberi gambaran para pemangku kebijakan, akademisi, dan praktisi dalam menentukan langkah-langkah yang strategis secara nasional mengenai pengelolaan dan pemanfaatan serta menyediakan akses dan kontrol yang adil terhadap keanekaragaman hayati untuk kesejahteraan bangsa Indonesia. Intisari yang dituangkan dalam setiap pernyataan diharapkan dapat dijadikan sebagai dasar bangsa Indonesia dalam melaksanakan mandat *Conservation on Biological Diversity* (CBD) dan Protokol Nagoya serta dalam upaya Indonesia melakukan pemutakhiran *Indonesian Biodiversity Strategy Action Plan* (IBSAP)

Akhirnya, saya mengucapkan terima kasih kepada semua peneliti, para ahli, dan nara-sumber yang berasal dari berbagai institusi dan lembaga swadaya masyarakat (ZSL, Burung Indonesia, FFI, Forum Harimau Kita, CI, WWF, AMAN, Yayasan KEHATI, dan lainnya) yang telah memberi sumbangsih pemikiran demi terwujudnya buku ini.

Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Prof. Dr. Lukman Hakim, M.Sc.

KATA PENGANTAR
MENTERI NEGARA PERENCANAAN PEMBANGUNAN NASIONAL

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah *Swt.* atas rahmat-Nya pada akhirnya buku *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia* selesai disusun dan diterbitkan sebagaimana kita harapkan bersama. Untuk itu, kami ucapkan selamat kepada semua pihak, terutama kepada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang telah mengonsolidasikan seluruh sumber dayanya dalam penyusunan buku tersebut.

Tidak berlebihan apabila kita katakan bahwa buku *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia* merupakan satu-satunya buku "inventarisasi" yang menggambarkan ragam kekayaan sumber daya alam hayati yang ada di bumi Indonesia pada saat ini. Cakupan substansi yang terkandung di dalam buku ini mampu menjawab beberapa pertanyaan strategis yang sering muncul di masyarakat, yaitu (1) jenis dan jumlah keanekaragaman hayati yang dimiliki Indonesia saat ini, (2) persebaran kekayaan keanekaragaman hayati tersebut, dan (3) potensi ekonomi yang dapat dikembangkan dalam mendukung pembangunan dan kehidupan rakyat Indonesia. Pertanyaan tersebut sangat penting dijawab karena memasuki abad XXI, industri yang akan maju pesat adalah "Industri Ilmu Kehidupan" berbasis keanekaragaman hayati, seperti industri farmasi, kesehatan, pangan, kosmetika, dan energi terbarukan.

Untuk mendukung terwujudnya industri masa depan berbasis keanekaragaman hayati tersebut, Pemerintah berkomitmen untuk meningkatkan pengelolaan keanekaragaman hayati yang ada, terutama dalam perlindungan dan pemanfaatan nilai ekonominya—termasuk jasa ekosistem—secara lestari. Oleh karena itu, pemutakhiran dokumen *Indonesia Biodiversity Strategy and Action Plan* (IBSAP) yang saat ini sedang dilakukan akan memuat kebijakan, strategi, dan rencana aksi yang mendukung upaya tersebut.

Sejalan dengan hal itu, saat ini Kementerian PPN/Bappenas sedang menyelesaikan Rancangan Teknokratik RPJMN 2015–2019 sehingga kebijakan, strategi, dan rencana aksi dokumen IBSAP yang telah dimutakhirkan akan dapat diarusutamakan ke dalamnya. Dengan demikian, komitmen Indonesia dalam pembangunan keanekaragaman hayati secara konkret dapat dilaksanakan karena akan masuk dalam mekanisme perencanaan dan penganggaran yang ada.

Akhir kata, saya ucapkan selamat atas terbitnya buku ini. Semoga buku *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia* ini dapat membuka cakrawala masyarakat terhadap peran strategis ilmu pengetahuan keanekaragaman hayati sebagai sarana untuk membangun kekuatan ekonomi baru dalam menyejahterakan masyarakat saat ini dan generasi mendatang. Sekali lagi, kami terus mendorong kepada semua pihak untuk secara kontinu memutakhirkan isi buku *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia* ini, khususnya dalam menggambarkan dan mengenali kekayaan serta peran keanekaragaman hayati yang penting bagi kehidupan manusia dan daya saing bangsa ke depan.

Menteri Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/

Kepala Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)

Prof. Dr. Armida S. Alisjahbana

KATA PENGANTAR
MENTERI LINGKUNGAN HIDUP

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan hidayah-Nya maka buku *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia* dapat diterbitkan. Buku ini disusun untuk memberikan informasi terkini akan status keanekaragaman hayati (kehati) Indonesia serta pemanfaatannya. Buku ini merupakan sebuah dokumen penting yang dapat digunakan sebagai dasar informasi bagi pengambil kebijakan dalam menunjang komitmen Pemerintah Indonesia terhadap konservasi dan pembangunan berkelanjutan, khususnya yang berhubungan langsung dengan kebijakan di bidang keanekaragaman hayati. Hal ini terkait pula dengan komitmen Presiden Republik Indonesia yang telah mengesahkan Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2013 mengenai Ratifikasi Pengesahan Protokol Nagoya tentang Akses pada Sumber Daya Genetika dan Pembagian Keuntungan yang Adil dan Seimbang yang Timbul dari Pemanfaatannya, dan Pengarusutamaan Pengelolaan Sumber Daya Hayati (SDH).

Buku ini merupakan bahan acuan dasar dalam penentuan strategi nasional dan indikatornya dalam pengelolaan keanekaragaman hayati secara berkelanjutan, dengan harapan dapat mengurangi ancaman kemerosotan keanekaragaman hayati kita dan melihat potensi kekayaan keanekaragaman hayati yang terkandung sebagai peluang untuk menyejahterakan rakyat Indonesia. Informasi yang terkandung dalam buku ini sangat bermanfaat untuk digunakan dalam penyempurnaan *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan* (IBSAP) yang telah ada serta menjadi salah satu dasar dalam penentuan Target Nasional, sebagaimana yang dimandatkan oleh CBD, yang diterjemahkan dalam 5 (lima) capaian strategi dan 20 (dua puluh) target, yang dikenal dengan Aichi Target. Diketahuinya kekayaan dan potensi SDH Indonesia akan memberikan arahan yang jelas terhadap pengarusutamaan pelaksanaan pengelolaan SDH secara berkelanjutan dari skala nasional, regional, dan lokal.

Dengan disusunnya buku ini, kami mengucapkan terima kasih kepada para pihak yang terlibat, baik para pakar dari berbagai institusi pemerintah maupun organisasi swadaya masyarakat serta yayasan dan pihak lainnya yang bergerak aktif dalam kegiatan pemantauan keanekaragaman hayati.

Menteri Negara Lingkungan Hidup

Prof. Dr. Balthasar Kambuaya, MBA

RINGKASAN EKSEKUTIF

Buku *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia* menyajikan ulasan status terkini dari semua aspek kehati Indonesia, mulai dari keanekaragaman ekosistem, jenis, dan genetika, pemanfaatan hingga upaya perlindungannya. Data dan informasi dari berbagai institusi riset, kementerian teknis (Kehutanan, Kelautan dan Perikanan, Pertanian), lembaga swadaya masyarakat, dan perguruan tinggi terkait telah dihimpun untuk memperkaya informasi buku ini. Semua informasi dalam buku ini merupakan pemutakhiran informasi yang pernah ada dan merupakan landasan utama untuk pengelolaan keanekaragaman hayati secara baik dan benar, khususnya untuk menilai kembali target nasional pengelolaan keanekaragaman hayati di Indonesia.

Keanekaragaman hayati dapat diterjemahkan sebagai semua makluk yang hidup di bumi, termasuk semua jenis tumbuhan, binatang, dan mikrob. Jenis-jenis di dalam keanekaragaman hayati saling berhubungan dan membutuhkan satu dengan yang lainnya untuk tumbuh dan berkembang sehingga membentuk suatu sistem kehidupan. Para ilmuwan sepakat mengelompokkan keanekaragaman hayati menjadi tiga kategori, yaitu keanekaragaman ekosistem, jenis, dan genetika. Keanekaragaman hayati merupakan komponen penting dalam keberlangsungan bumi dan isinya, termasuk eksistensi manusia. Berbagai jasa dan layanan keanekaragaman hayati sudah dimanfaatkan sejak manusia ada, mulai dari sebagai sumber pangan, obat-obatan, energi dan sandang, jasa penyedia air dan udara bersih, perlindungan dari bencana alam hingga regulasi iklim. Keanekaragaman hayati juga dimanfaatkan oleh masyarakat umum untuk perkembangan sosial, budaya, dan ekonomi.

Indonesia merupakan negara kepulauan beriklim tropis yang terletak di antara dua benua, yaitu Asia dan Australia serta dua samudra, yaitu Samudra Pasifik dan Hindia dengan posisi 6°LU–11°LS dan 95°BT–141°BT. Saat ini, baru 13.466 pulau yang sudah dikenali dan diberi nama dari total sekitar 17.000 pulau yang dimiliki Indonesia. Luas daratan Indonesia adalah 1.919.440 km^2 dan luas perairan 3.257.483 km^2 dengan garis pantai sepanjang 99.093 km. Secara geologis, Indonesia dilalui oleh dua jalur pegunungan muda dunia, yaitu Pegunungan Mediterania di sebelah barat dan Pegunungan Sirkum Pasifik di sebelah timur. Dua jalur pegunungan tersebut menyebabkan Indonesia banyak memiliki gunung api yang aktif sehingga sering disebut sebagai *the pacific ring of fire*. Hal ini juga menyebabkan Indonesia menjadi kawasan yang rawan terhadap gempa bumi. Secara biogeografis, bentang alam Indonesia membentuk *bioregion* yang dapat dipisahkan antara biogeografi flora dan fauna Asia dengan Australasia sehingga terbentuklah garis Wallacea dan garis biogeografi, seperti garis Weber dan Lydekker. Posisi tersebut menyebabkan Indonesia mempunyai keanekaragaman hayati yang sangat tinggi, mungkin lebih tinggi dibandingkan dengan Brazil apabila semua sumber daya hayati yang ada di laut dan darat sudah dijelajahi semua. Keanekaragaman ekosistem yang terbentang dari Indonesia bagian timur hingga barat, di laut dan di darat serta pada setiap pulau telah menyakinkan kita bahwa Indonesia sangat kaya akan keanekaragaman jenis dan genetik. Hingga saat ini, keanekaragaman jenis telah tercatat ada 1.500 jenis alga, 80.000 jenis tumbuhan berspora (seperti Kriptogam) berupa jamur, 595 jenis lumut kerak, 2.197 jenis paku-pakuan serta 30.000–40.000 jenis flora tumbuhan berbiji (15,5% dari total jumlah flora di dunia). Sementara itu, terdapat 8.157 jenis fauna vertebrata (mamalia, burung, herpetofauna, dan ikan) dan 1.900 jenis kupu-kupu (10% dari jenis dunia). Selain itu, keunikan geologi Indonesia menyebabkan tingginya endemisitas flora, fauna, dan mikrob. Indonesia memiliki endemisitas jenis fauna yang sangat tinggi bahkan untuk beberapa kelompok seperti burung, mamalia, dan reptil,

yang memiliki endemisitas tertinggi di dunia. Jenis fauna endemik Indonesia berjumlah masing-masing 270 jenis mamalia, 386 jenis burung, 328 jenis reptil, 204 jenis amphibia, dan 280 jenis ikan. Tingkat endemisitas flora Indonesia tercatat antara 40–50% dari total jenis flora pada setiap pulau kecuali pulau Sumatra yang endemisitasnya diperkirakan hanya 23%.

Keanekaragaman ekosistem Indonesia sangat menakjubkan dan diketahui sekitar 74 tipe vegetasi membentuk formasi satu dengan yang lain sehingga sangat kompleks. Variasi ekosistem tersebut menunjukkan bahwa setiap ekosistem kaya akan kekaya-an jumlah jenis flora dan fauna. Pendataan ekosistem alami telah dilakukan dan diuraikan mulai dari ekosistem marin (laut dalam, laut dangkal, terumbu karang, dan padang lamun), limnik (danau dan sungai), semiterestrial (mangrove dan riparian), dan ekosistem terestrial (pantai, hutan pamah, pegunungan dan ekosistem alpin dan subalpin). Selain ekosistem alami, dibahas juga me-ngenai ekosistem buatan mulai dari tegalan, pekarangan, persawahan, kebun campuran, kolam, dan tambak. Semua ekosistem buatan juga dihuni oleh ribuan jenis flora, fauna, dan mikroba.

Secara umum, kekayaan keanekaragaman hayati Indonesia belum semuanya diketahui, baik jumlah jenis maupun potensinya. Luasnya kawasan Indonesia dan kurangnya ahli taksonomi, baik flora, fauna, maupun mikroba merupakan hambatan utama dalam upaya mengungkap keanekaragaman hayati Indonesia secara tuntas dan benar. Data yang ada dari berbagai pustaka dan *database* masih tercerai berai dan belum terkumpul dengan baik, sedangkan pendataan secara digital sangat lamban karena kurangnya perhatian pemerintah akan pentingnya data dasar dalam mengembangkan sumber daya hayati Indonesia menuju pemanfaatan berskala komersial. Kekayaan keanekaragaman hayati kelautan dan keanekaragaman hayati terestrial sebagian sudah diungkapkan, namun sebagian lain masih belum dieksplorasi, bahkan beberapa jenis akan terancam kepunahannya sebelum diketahui. Neraca jumlah jenis dan nilai setiap jenis untuk dimanfaatkan secara komersial juga masih timpang karena terkendala oleh kurangnya data dasar dan perkembangan teknologi bioindustri.

Pengelolaan koleksi referensi keanekaragaman jenis Indonesia sudah dirintis sejak zaman penjajahan Belanda sekitar tahun 1800-an. Koleksi sebagai referensi ilmiah digunakan untuk menunjang berbagai cabang penelitian keanekaragaman hayati mulai dari penelitian taksonomi, biologi molekuler hingga bioteknologi. Koleksi referensi disimpan dalam bentuk spesimen mati atau spesimen hidup. Spesimen mati yang digunakan sebagai spesimen acuan antara lain adalah spesimen museum (berupa spesimen utuh, tengkorak, sarang burung, telur, kulit, DNA darah, hati, rambut, bulu, dan serangga), spesimen herbarium kering, herbarium basah, dan fosil. Sementara itu, spesimen hidup seperti biji, kultur, tumbuhan hidup, dan hewan hidup dipelihara di lembaga konservasi *ex situ*. Spesimen fauna mati disimpan di Koleksi Referensi Nasional, yaitu Museum Zoologicum Bogoriense-LIPI, yang merupakan koleksi referensi fauna terbesar ketiga di dunia. Spesimen flora mati disimpan di Koleksi Referensi Nasional di Herbarium Bogoriense-LIPI yang merupakan koleksi referensi herbarium terbesar di Asia Tenggara. Koleksi hidup fauna tersebar di 56 lembaga konservasi *ex situ*, termasuk kebun binatang, taman safari, dan taman satwa. Spesimen hidup flora tersebar di kebun raya, taman kehati, arboretum, dan kebun plasma nutfah.

Keanekaragaman genetika berupa sumber daya genetika (SDG) hewan, tanaman, dan mikrob telah diuraikan dari aspek keanekaragaman, pemeliharaan, dan pemanfaatannya. Sumber daya genetika pada hewan diuraikan secara jelas dan dikelompokkan dalam SDG perikanan dan peternakan, baik yang sudah didomestikasi maupun yang masih liar, sedangkan untuk tanaman dibahas kultivar tanaman yang sudah didomestikasi dan dilepaskan sebagai bibit unggul dan juga yang masih liar. Dalam membahas SDG, baik tumbuhan maupun hewan tidak terbatas pada keanekaragaman genetika, tetapi juga diuraikan pemanfaatannya. Sementara itu, SDG mikrob yang dijelaskan adalah jenis mikrob yang sudah dimanfaatkan, baik dalam bidang pangan, kesehatan maupun energi. Galur lokal yang diperoleh, misalnya dari tempe, tape, oncom, kecap, gatot, dan roti. Contohnya *Lactobacillus, Streptococcus, Pediococcus, Saccharomyces cerevisiae*, dan *Acetobacter*, sedangkan fungi yang digunakan

dalam berbagai produk, misalnya *Rhizophus oryzae* dan *Neurospora sitophila* juga diuraikan. Selain itu, juga ada mikroba yang dapat membantu mendekomposisi bahan organik, seperti sampah menjadi pupuk organik hayati yang bermanfaat untuk meningkatkan hasil pertanian.

Peran langsung keanekaragaman hayati yang sudah dirasakan adalah dalam bentuk pangan, kesehatan, sumber energi terbarukan, dan layanan jasa ekosistem. Layanan jasa ekosistem dapat berupa penyedia air dan udara bersih, keindahan alam, dan warisan budaya. Keanekaragaman hayati yang digunakan sebagai sumber pangan utama beragam macamnya, seperti sumber karbohidrat (padi, jagung, talas, ubi jalar, dan singkong), sumber protein hewani (sapi, kambing, domba, ayam, dan babi), dan protein nabati (kacang-kacangan). Sumber pangan cadangan contohnya jenis-jenis yang jarang dimakan sebagai sumber pangan utama, misalnya itik dan kelinci, sedangkan tanaman sebagai sumber pangan cadangan antara lain uwi, gembolo-gembili, gadung, suweg, dan iles-iles. Hubungan antara keanekaragaman hayati dengan perkembangan dan pembangunan pertanian di Indonesia diulas agar dapat dipetik manfaat keanekaragaman hayati yang belum dibudidayakan sehingga domestikasi satwa liar yang memiliki potensi untuk menjadi hewan ternak dapat menjadi perhatian dalam buku ini. Selain itu, perubahan yang cepat dalam pembangunan pertanian di beberapa negara selama beberapa dekade terakhir telah memicu peningkatan produktivitas di lahan pertanian melalui proses intensifikasi, konsentrasi, dan spesialisasi. Oleh karena itu, sangat disarankan pengembangan habitat pertanian yang sehat dengan modifikasi dan penyederhanaan teknologi dan pemanfaatan keanekaragaman hayati lokal.

Pengelolaan keanekaragaman hayati Indonesia banyak dihadapkan pada masalah yang sangat kompleks. Upaya pemerintah dalam melakukan pengelolaan terus dilakukan dengan mengeluarkan berbagai kebijakan dan regulasi sebagai upaya perlindungannya. Namun, hilangnya keanekeragaman hayati Indonesia masih terus terjadi, terutama sebagai akibat dari perubahan tata guna lahan karena pembangunan infrastruktur untuk berbagai keperluan, seperti pembangunan fasilitas gedung perkantoran dan perumahan, jalan, pembukaan kawasan industri, dan keperluan lahan perkebunan dan pertanian baru. Masuknya jenis asing invasif juga dapat menjadi penyebab hilangnya keanekaragaman hayati. Ancaman masuknya jenis asing invasif memerlukan perhatian serius dari berbagai pihak karena dapat menimbulkan dampak pada ekosistem. Oleh sebab itu, penguatan kebijakan dalam usaha pencegahannya perlu segera diregulasikan.

Kerusakan ekosistem dan habitat yang berujung pada hilangnya keanekaragaman hayati dibahas dengan detail, diikuti dengan contoh-contoh jenis yang hilang. Kerusakan habitat akibat pencemaran air dan polusi udara menjadi perhatian yang serius. Salah satu indikator untuk mengetahui kerusakan ekosistem diuraikan dalam peran indikator biologi atau kita kenal dengan bioindikator. Di dalam buku ini, diuraikan pemanfaatan binatang, tumbuhan, dan mikrob yang berperan sebagai indikator terjadinya kerusakan ekosistem, polusi, penanda ketinggian tempat, adanya deposit tambang dan sebagainya. Jenis yang dipakai telah diketahui dan dipraktikkan di beberapa lokasi sebagai bioindikator, namun perlu dilakukan penelitian dan kajian lebih dalam mengenai usaha pengembangan dan aplikasinya.

Hilangnya keanekaragaman hayati Indonesia menjadi bahasan dari buku ini. Hilangnya kehati telah diketahui terjadi sebagai akibat dari alih fungsi tata guna lahan serta eksploitasi di alam yang berlebihan dan tanpa perencanaan. Selain itu, hilangnya keanekaragaman hayati juga disebabkan oleh adanya jenis asing yang merajai suatu tempat sehingga menyebabkan punahnya jenis asli, atau adanya polusi yang menyebabkan hilangnya penyerbuk flora yang penting bagi kelangsung hidup suatu flora.

Jika kita melihat ancaman kehilangan keanekaragaman hayati Indonesia, berbagai upaya perlindungan dan penyelamatan telah dilakukan oleh pemerintah melalui kementerian teknis (Kehutanan, Kelautan dan Perikanan, dan Pertanian), pihak swasta, lembaga swadaya masyarakat serta masyarakat adat. Berbagai regulasi dan peraturan adat telah dikeluarkan untuk melindungi sekaligus memanfaatkan keanekaragaman

hayati secara berkelanjutan. Saat ini, pemerintah Indonesia melalui kementerian teknis telah menetapkan 737 jenis flora dan fauna untuk dilindungi melalui berbagai aturan dan regulasi, termasuk undang-undang, peraturan pemerintah, keputusan menteri, peraturan daerah, dan peraturan desa atau adat. Beberapa jenis flora dan fauna yang terancam punah dicatat dalam daftar yang dikeluarkan oleh badan dunia IUCN. Kriteria keterancaman diuraikan untuk memberikan panduan ketika menetapkan keterancaman atau kepunahan jenis.

Kerusakan ekosistem dari berbagai sebab yang telah diuraikan memunculkan perhatian khusus terhadap rangkaian bencana, salah satunya adalah "bencana biologi". Dalam hubungan ini, upaya pencegahan bencana harus dilakukan lebih dini dengan strategi penyelamatan yang dirancang secara benar. Pembentukan kawasan konservasi kadangkala tidak memperhatikan rangkaian bencana dan tentu tidak akan menjamin kelestarian jenis yang dilindungi. Bencana biologi juga diakibatkan oleh masuknya zoonosis baru dari satwa liar, baik satwa asing maupun asli Indonesia.

Semoga buku ini memberikan landasan untuk merumuskan visi baru dan arah kebijakan yang jelas terhadap pengelolaan keanekaragaman hayati Indonesia, khususnya memberi jawaban secara luas kepada masyarakat bahwa upaya untuk melindungi dan meningkatkan keanekaragaman hayati perlu ditingkatkan secara signifikan. Sebagai bagian dari konvensi, Indonesia diharapkan untuk merevisi strategi nasional dan rencana aksi pengelolaan keanekaragaman hayati yang masuk dalam jejaring keanekaragaman hayati global.

LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan
Pembangunan Nasional

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

Pulau Padang Riau
Partomihardjo | 2008

LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan
Pembangunan Nasional

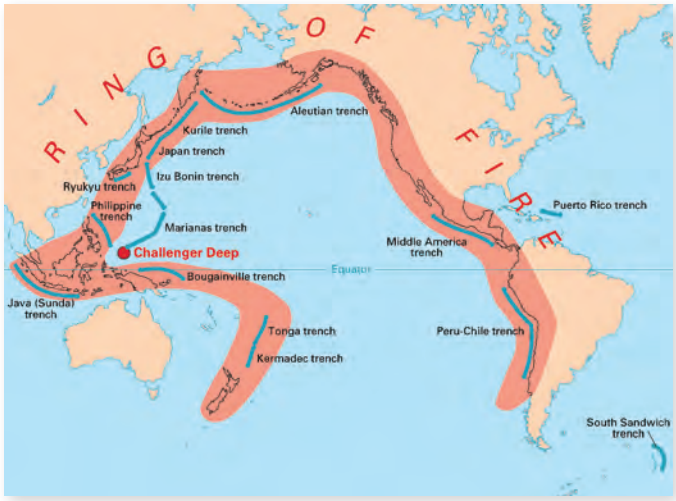
KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 1
PENDAHULUAN

BAB 1 | PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terbentang di antara Benua Asia dan Australia dan di antara Samudra Pasifik dan Hindia. Jumlah pulau yang dimiliki Indonesia mencapai lebih dari 17.000, sejumlah 13.466 pulau sudah bernama dan 11.000 pulau di antaranya sudah berpenghuni. Luas daratan Indonesia mencapai 1.919.440 km^2, sedangkan luas perairannya mencapai 3.257.483 km^2 dengan garis pantai sepanjang 99.093 km (BIG 2013). Indonesia termasuk daerah tropik, terletak di antara 6°LU–11°LS dan 95°BT–141°BT.

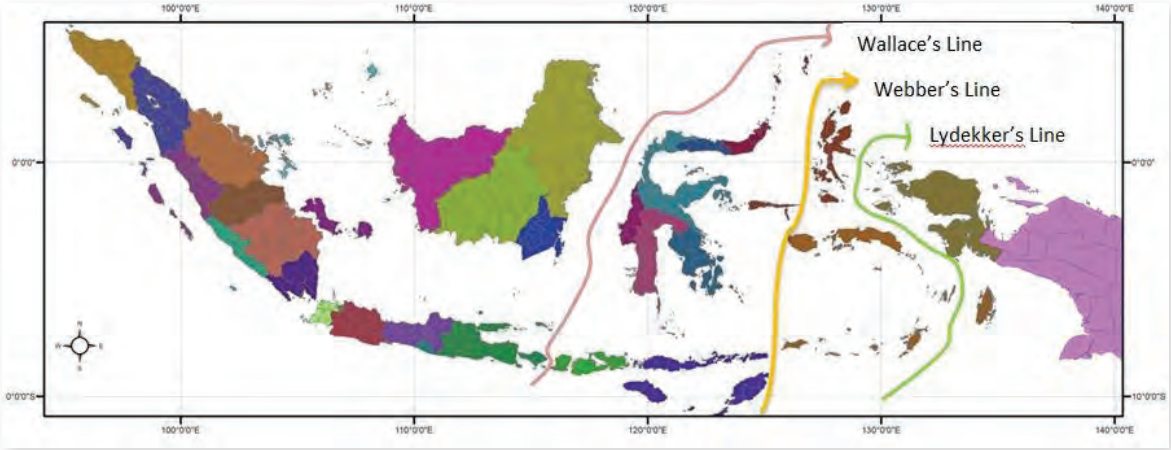
Secara geologi, Indonesia dilalui oleh dua jalur pegunungan muda dunia, yaitu Pegunungan Mediterania di sebelah barat dan Pegunungan Sirkum Pasifik di sebelah timur. Dengan adanya dua jalur pegunungan tersebut Indonesia memiliki banyak gunung api yang aktif dan sering disebut sebagai *Ring of Fire* (Gambar 1) sehingga rawan terjadi gempa bumi. Gunung berapi di Indonesia dibentuk oleh tiga lempengan tektonik aktif, yaitu lempengan Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australia. Letusan sangat dahsyat pernah terjadi pada gunung berapi Toba yang menghasilkan kaldera Danau Toba yang terjadi pada 74.000 SM dan G. Krakatau pada tahun 1883. Meletusnya G. Tambora pada tahun 1815 menyebabkan kegagalan panen di Eropa Utara, Timur Laut Amerika, dan Timur Kanada di tahun 1816 yang dikenal dengan istilah *Year without summer*. Saat ini gunung paling aktif di Indonesia adalah G. Kelud dan G. Merapi di Pulau Jawa. Gunung Kelud setidaknya tercatat sudah lebih dari 30 kali meletus sehingga termasuk tingkat ke-5 dari indeks eksplosif gunung berapi. Sementara itu, G. Merapi telah mengalami erupsi setidaknya 80 kali (Kementerian ESDM 2013).



Sumber: Kious & Tilling 1996

Gambar 1. *The Ring of Fire*

Pembagian bioregion di Indonesia lebih didasarkan pada biogeografi flora dan fauna yang tersirat oleh adanya garis Wallace, garis Weber, dan garis Lydekker (Gambar 2). Garis Wallace memisahkan wilayah geografi fauna Asia dan *Australasia*. Alfred Russell Wallace menyadari adanya perbedaan pengelompokan fauna



Sumber: Modifikasi Withmore 1981

Gambar 2. Garis Wallace, Weber, dan Lydekker

antara Borneo dan Sulawesi dan antara Bali dan Lombok. Garis ini kemudian diperbaiki oleh Antonio Pigafetta dan menggeser garis Wallace ke arah timur menjadi garis Weber. Garis Lydekker merupakan garis biogeografi yang ditarik pada batasan Paparan Sahul yang terletak di bagian timur Indonesia.

Sementara itu, dari sisi bioregion, Maryanto & Higashi (2011), berdasarkan penelitian pada tikus dan kelelawar, membagi Indonesia menjadi tujuh bioregion, yaitu Sumatra, Jawa dan Bali, Kalimantan, Sulawesi, Kepulauan Sunda Kecil (*Lesser Sunda Island*), Maluku, dan Papua. Bioregion adalah kawasan yang memiliki bentang alam luas serta kekayaan keanekaragaman hayati (kehati) yang tinggi yang memengaruhi fungsi ekosistemnya. Menurut Berg dan Dasmann (1977), bioregion ditentukan berdasarkan informasi klimatologi, fisiografi, geografi flora dan fauna, sejarah alami, dan aspek alami lainnya.

Keadaan tersebut menyebabkan Indonesia mempunyai kehati tertinggi kedua setelah Brazil untuk flora dan fauna darat dan bahkan tertinggi jika digabungkan dengan kehati laut Indonesia. Kekayaan ini harus dapat dimanfaatkan dan dikelola dengan optimal sehingga memberikan manfaat, khususnya bagi negara dan dunia secara umum, mengingat dampak yang terjadi di satu negara akan berlaku seperti efek domino ke seluruh wilayah dunia. Melalui informasi kekinian keanekaragaman fauna, flora, dan mikrob dengan segala bentuk ekosistemnya yang terpapar dalam buku ini, diharapkan agar para pemangku kepentingan dan aparat pemerintah dapat lebih bijak dan terbuka dalam memahami potensi, masalah, dan langkah terbaik yang harus dilakukan. Dengan demikian, buku ini diharapkan dapat menyediakan data status kehati Indonesia terkini sebagai acuan untuk menilai kembali target nasional pengelolaan kehati di Indonesia.

Semua gatra terkait dengan kehati dengan segala catatan permasalahan dan potensinya dibahas dalam buku ini. Dasar ekosistem sebagai "rumah" semua bentuk kehidupan mengawali pembahasan buku ini sebagaimana diuraikan dalam Bab 2, sedangkan kondisi keanekaragaman jenis terkini diuraikan dalam Bab 3. Meskipun demikian, karena keterbatasan data yang ada, kondisi yang diuraikan ini masih belum mampu mengungkap keadaan yang sesungguhnya. Bab 4 menekankan pentingnya koleksi referensi dan lembaga rujukan koleksi ilmiah kehati yang disimpan, baik dalam bentuk spesimen mati maupun spesimen hidup. Spesimen mati digunakan sebagai spesimen acuan, seperti spesimen museum (berupa spesimen utuh, tengkorak, sarang burung, telur, kulit, DNA darah, hati, rambut, bulu, serangga), spesimen herbarium kering, herbarium basah, dan fosil. Spesimen hidup seperti biji, kultur, tumbuhan hidup atau hewan hidup disimpan untuk konservasi *ex-situ*.

Bab 5 menjelaskan Keanekaragaman Genetika Hewan, Tanaman, dan Mikrob yang lebih mengarah pada kelompok hasil domestikasi atau budi daya yang potensial. Peran kehati untuk pangan, kesehatan, sumber energi terbarukan, dan jasa ekosistem dibahas dalam Bab 6. Selain itu, juga dikemukakan mengenai jenis-jenis hewan, tanaman, dan

mikrob yang bermanfaat sebagai sumber pangan utama terutama sumber karbohidrat dan sumber protein serta sumber pangan cadangan, kesehatan, dan sebagai sumber bahan energi terbarukan. Jasa ekosistem yang berguna untuk masyarakat juga dikemukakan dalam bab ini.

Bab 7 memberikan peringatan tentang ancaman masuknya jenis asing invasif ke Indonesia dan antarpulau. Dalam bab ini dibahas jenis asing invasif yang ada, ancaman, dampak, dan pengelolaannya. Bab 8 membahas mengenai indikator biologi yang berfungsi sebagai indikator alami. Indikator alami tersebut merupakan reaksi biologi jenis fauna, flora, dan mikrob dalam merespons perubahan kondisi lingkungan.

Bab 9 mengemukakan hilangnya kehati Indonesia yang berpacu dengan alih fungsi tata guna lahan, pengambilan berlebihan di alam tanpa direncanakan, adanya jenis asing invasif yang merajai suatu tempat, dan adanya polusi yang menyebabkan hilangnya binatang penyerbuk. Selanjutnya, pada Bab 10 diuraikan tentang langkah-langkah aturan hukum yang perlu diperhatikan berkenaan dengan perlindungan dan penyelamatan keanekaragaman hayati dan penanggulangan bencana biologi yang saat ini belum menjadi perhatian mendalam dari lembaga terkait.

Sebagai penutup, Bab 11 menguraikan tentang tantangan dan harapan yang harus dicapai untuk memenuhi rencana strategis dalam melindungi ekosistem sampai tahun 2020 yang disebut sebagai *Aichi Target*s. Di dalam *Aichi Targets* diadopsi 20 target yang bersumber dari lima strategi, yakni mengatasi penyebab hilangnya kehati, mengurangi tekanan terhadap kehati, melindungi kehati di seluruh tingkatan, memperbesar pembagian keuntungan jasa terhadap lingkungan dengan menyediakan dan membangun kapasitas untuk pendayagunaan kehati di Indonesia.

Gua Kalepale, Pulau Waigeo Papua
Rahmadi | 2007

LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 2
KEANEKARAGAMAN EKOSISTEM

BAB 2 | KEANEKARAGAMAN EKOSISTEM

Ekosistem merupakan suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungannya. Salah satu kendala dalam menetapkan tipe ekosistem adalah kesulitan untuk menentukan batasan yang jelas dari suatu sistem. Sebuah urutan hierarki diperoleh dengan menempatkan ekosistem-ekosistem yang lebih kecil secara berurutan di dalam ekosistem yang lebih besar, yakni dimulai dengan biosfer hingga ke tingkat yang lebih rendah berikutnya. Biosfer merupakan ekosistem paling besar, yaitu kulit luar planet bumi yang merupakan media bagi kehidupan berbagai organisme. Berdasarkan faktor antropogenik, biosfer dibagi menjadi dua kelompok utama, yakni ekosistem alami dan ekosistem buatan.

Dalam buku ini, keanekaragaman ekosistem secara sistematik dibuat menjadi lebih sederhana untuk memudahkan pembahasannya dengan mengacu pada Ellenberg (1973) dan Kartawinata (2013). Namun, perlu diingat bahwa tipe ekosistem di Indonesia lebih kompleks dan saling berhubungan serta saling bergantung antara satu dan yang lainnya (Kartawinata 2013).

2.1 Ekosistem Alami

Ekosistem yang terbentuk secara alami tanpa campur tangan manusia disebut ekosistem alami. Ekosistem ini fungsinya bergantung langsung kepada matahari sebagai sumber energi. Berdasarkan media kehidupan yang umum seperti air, tanah dan udara, ekosistem alami dibedakan menjadi ekosistem marine, ekosistem limnik, ekosistem semiterestrial, dan ekosistem terestrial (Ellenberg 1973).

2.1.1 Ekosistem Marine (Air Masin)

Ekosistem marine merupakan suatu kesatuan yang terdiri atas berbagai organisme yang berfungsi bersama-sama di suatu kumpulan massa air masin pada suatu wilayah tertentu, baik yang bersifat dinamis maupun statis sehingga memungkinkan terjadinya aliran energi dan siklus materi di antara komponen biotik dan abiotik. Sebagai negara maritim, Indonesia memiliki media kehidupan berupa air masin (laut) yang lebih luas (70%) dibandingkan total luas media terestrialnya (30%). Perairan laut yang luas memiliki mintakat berbeda, baik

secara horizontal maupun vertikal (Gambar 3) yang menciptakan kondisi lingkungan bervariasi sehingga tercipta keanekaragaman ekosistem pada hierarki yang lebih kecil. Secara horizontal, terdapat dua mintakat ekosistem marine, yaitu neritik dan oseanik yang jika dikombinasikan secara vertikal, masing-masing terbagi lagi menjadi beberapa mintakat, yaitu epipelagik, mesopelagik, batipelagik, abisopelagik, dan hadal. Mintakat epipelagik meliputi mintakat neritik ataupun oseanik yang masih berada pada kedalaman sampai dengan 200 m dan dapat ditembus oleh cahaya matahari. Biota perairan masin paling banyak dapat ditemukan pada mintakat ini. Mintakat mesopelagik berada pada kedalaman 200–1.000 m dengan keberadaan cahaya minimum. Mintakat batipelagik berada pada kedalaman 1.000–4.000 m, abisopelagik 4.000–6.000 m, dan mintakat hadal berada pada kedalaman lebih dari 6.000 m.

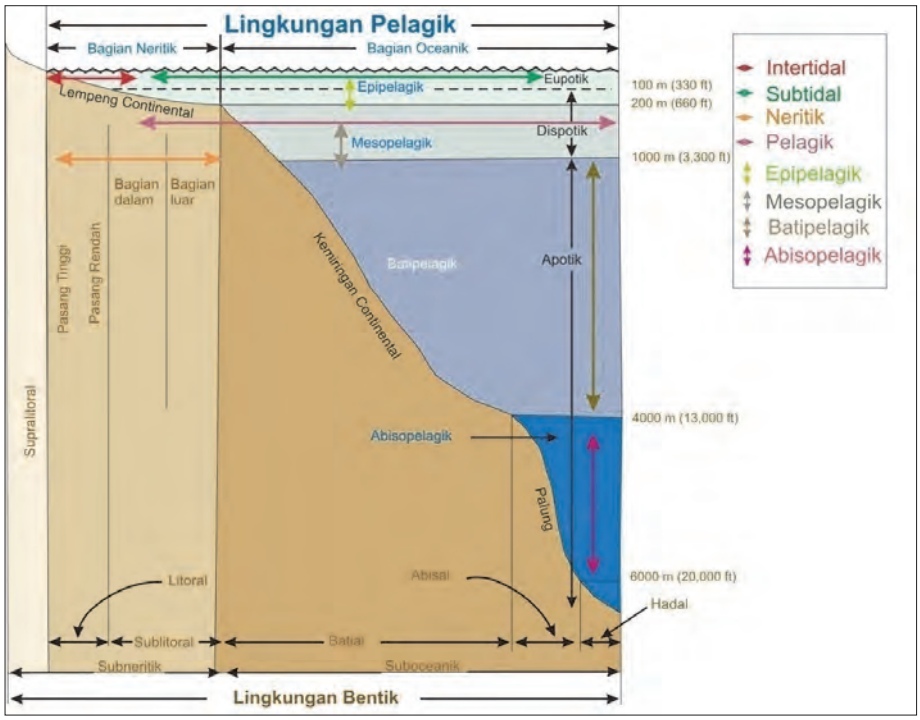
2.1.1.1 Mintakat Neritik

Mintakat neritik terbentang mulai dari tepi pantai yang terjangkau oleh pasang tertinggi sampai ke arah laut dengan bagian dasar yang masih dapat ditembus cahaya matahari (landasan sublitoral). Mintakat neritik dikenal sebagai kawasan dekat pantai, terletak di sepanjang pantai dangkal dengan lebar antara 16–240 km. Mintakat ini terbagi menjadi dua, yaitu intertidal dan subtidal. Intertidal merupakan daerah pasang surut yang berada pada landasan litoral, yaitu bagian pantai yang dibatasi oleh pasang tertinggi dan surut terendah. Sementara itu, subtidal adalah bagian perairan yang dibatasi oleh pantai yang mengalami surut terendah hingga laut lepas dengan kedalaman sekitar 200 m dan disebut juga sebagai laut dangkal.

Komunitas pada mintakat neritik terletak di sepanjang pantai yang selalu tergenang pada saat air pasang terendah, mencakup pesisir terbuka yang tidak terpengaruh sungai besar atau terletak di antara dinding batu yang terjal. Komunitas ini umumnya didominasi oleh berbagai jenis alga, rumput laut (Kistinnah & Lestari 2009), plankton, nekton, neston, dan bentos. Setidaknya, terdapat dua tipe ekosistem di mintakat ini, yakni terumbu karang dan padang lamun.

2.1.1.2 Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan ekosistem marine yang dihuni oleh berbagai tipe karang, yaitu karang keras (hermatipik, *stony coral*) atau terumbu karang, karang lunak (ahermatipik, *soft coral*), dan gorgonian. Di Indonesia terumbu karang dapat dibedakan menjadi empat tipe, yaitu terumbu karang



Sumber: Modifikasi dari Odum (1983) dan Clark (1992)

Gambar 3. Pembagian mintakat secara horizontal dan vertikal pada perairan laut

Foto: Siregar 2013

Gambar 4. Hamparan terumbu karang jenis *Acropora* di Pulau Tokong Berlayar, Kepulauan Anambas

tepi (*fringing reef/shore reef*), terumbu karang penghalang (*barrier reef*), terumbu karang datar/gosong (*patch reef*), dan terumbu karang cincin (*atoll*). Ekosistem terumbu karang sangat penting untuk tempat pemijahan dan bertelur serta sebagai habitat bagi berbagai biota laut yang berasosiasi dengan karang, seperti ikan karang, udang, kerang-kerangan (moluska), dan berbagai avertebrata laut lainnya (Gambar 4).

Data luas terumbu karang di Indonesia berbeda-beda pada berbagai pustaka. Burke *et al.* (2002) dan Spalding *et al.* (2001) menyebutkan bahwa luas terumbu karang Indonesia mencapai 51.000 km^2 atau 51% dari total luas terumbu karang di Asia Tenggara. Data lain menyebutkan bahwa terumbu karang Indonesia mencapai 75.000 km^2 (Hutomo & Moosa 2005) atau 85.000 km^2 (Tomascik *et al*. 1997). Meskipun demikian, hanya 6,5% dari terumbu karang Indonesia yang masih dalam kondisi sangat bagus, 22,5% pada kondisi bagus, dan sisanya dapat dikategorikan pada kondisi medium, kurang bagus sampai jelek (Dutton *et al*. 2000).

Indonesia memiliki keanekaragaman terumbu karang yang tinggi, tercatat sekitar 590 jenis (82 marga) koral keras, 210 jenis koral lunak, dan 350 jenis gorgonian (Hutomo & Moosa 2005). Selain itu, terdapat sekitar 2.057 jenis fauna yang hidup dalam terumbu karang, 97 jenis di antaranya adalah endemik perairan Indonesia. Dari kelompok krustasea, terdapat 1.400 jenis *Brachyura*. Dari kelompok moluska tercatat 1.500 jenis gastropoda (keong/siput/*snail*) dan 100 jenis bivalvia (kerang). Dari kelompok Echinodermata tercatat 91 jenis crinoids (*sea lilies*), 87 asteroids (bintang laut), dan 142 jenis holothurians (teripang). *Sponges*/bunga karang (demospongia) terdiri atas 830 jenis. Terdapat 30 jenis mamalia laut yang terdiri atas paus, lumba-lumba, dan dugong. Ada tujuh jenis reptil laut yang terdiri atas kura-kura dan buaya. Rumput laut (makro alga) terdiri atas 196 jenis alga hijau, 134 jenis alga cokelat, dan 452 jenis alga merah. Masih banyak flora dan fauna laut yang belum terekam dalam data ini (Hutomo & Moosa 2005).

Beberapa contoh sebaran jenis karang batu hasil pengamatan lapangan di Tanjung Merah, Bitung, dan Sulawesi Utara, dijumpai sebanyak 165 spesies (Souhoka 2006), di Lampung Selatan 56 spesies (Widinugraheni 1993), Teluk Ambon Dalam 43 spesies (Sutarna 1989), Pulau Kei Kecil Maluku Tenggara 75 spesies (Sutarna 1990), dan Nusa Tenggara Timur 298 spesies (Abrar *et al*. 2012).

BEBERAPA BIOTA YANG DAPAT DITEMUKAN PADA EKOSISTEM TERUMBU KARANG

Foto: Siregar 2013
Karang keras

Foto: Siregar 2013
Karang lunak (*Sarcophyton*)

Foto: Siregar 2013
Bintang laut (*Choriaster granulatus*)

Foto: Siregar 2013
Stinging hydroid

Foto: Siregar 2013
Platax teira

Foto: Setyono 2008
Ikan badut (*Anemonefish*)

Foto: Adrim 2009
Caesio cuning dari Raja Ampat, Papua

Foto: Siregar 2013
Penyu sisik (*Eretmochelys imbricata*)

2.1.1.3 Padang Lamun

Padang lamun merupakan salah satu ekosistem di laut dangkal yang paling produktif (Azkab 1988) dengan siklus hara yang sangat efektif. Ekosistem lamun mempunyai peranan penting dalam menunjang kehidupan dan perkembangan jasad hidup di laut dangkal, antara lain sebagai kawasan tempat mencari makan, sumber pakan dugong, dan area pemijahan bagi berbagai jenis biota laut.

Indonesia memiliki sekitar 31.000 km^2 padang lamun (Kuriandewa *et al.* 2003). Dalam ekosistem ini teridentifikasi 13 jenis tumbuhan padang lamun (Gambar 5), namun jenis-jenis ini sangat sulit ditemukan pada satu tempat. Pada ekosistem lamun dapat juga ditemukan berbagai biota yang berasosiasi dengan lamun, seperti teripang, bulu babi, kapak, kerang, siput laut, bintang laut, dan berbagai jenis ikan (Gambar 5).

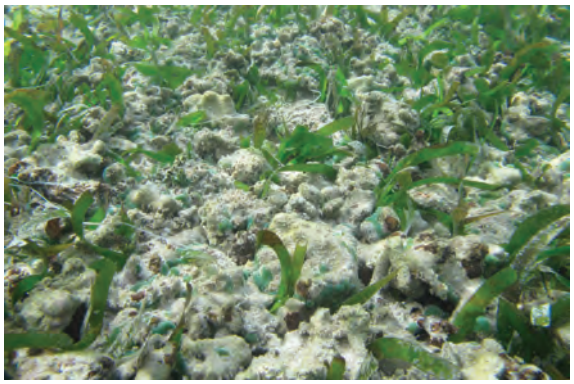


Foto: Setyono 2012

Ekosistem padang lamun

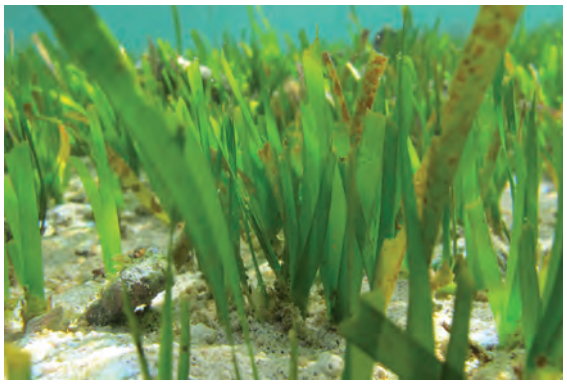


Foto: Setyono 2012

Lamun (Marga *Enhalus*)

Foto: Setyono 2012

Teripang (*Holothuria atra*)

Foto: Setyono 2012

Bulu babi (*Diadema setosum*)

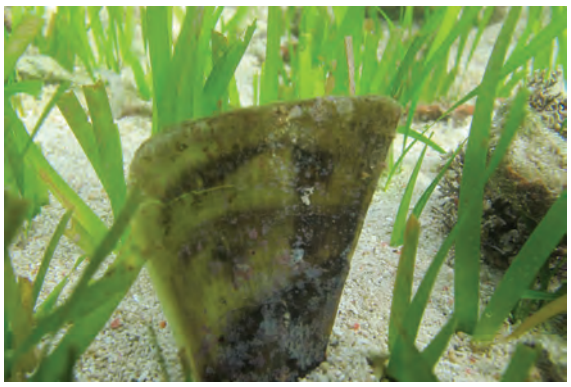


Foto: Setyono 2012

Kapak-kapak (*Pinna muricata*)

Foto: Setyono 2012

Siput (*Cypraea annulus*)

Gambar 5. Beberapa contoh biota yang hidup di padang lamun di Lombok

Tabel 1. Beberapa Fauna Laut Dalam di Indonesia

Kelompok	Nama Ilmiah	Nama Lokal	Nama Umum
Ikan	*Latimeria chalumnae*	Raja laut	*Coelacanth*
Moluska	*Tridacna gigas*	Kima raksasa	*Great clams*
Krustasea	*Paguristes antennarius* dan *P. aciculus*	Kelomang	*Hermitcrab*
Coral	*Antiphates* spp.	Akar bahar	

2.1.1.4 Mintakat Oseanik

Mintakat oseanik merupakan wilayah ekosistem laut lepas dengan kedalaman yang tidak dapat ditembus cahaya matahari sampai ke dasar sehingga bagian dasarnya sangat gelap. Pada mintakat ini, bagian air di permukaan tidak dapat bercampur dengan air di bawahnya karena ada perbedaan suhu. Batas kedua lapisan air tersebut adalah daerah termoklin yang pada umumnya banyak dijumpai gerombolan ikan.

Semua mintakat yang berada di bawah mintakat eupfotik yang masih dapat ditembus oleh sinar matahari meliputi mintakat batipelagik, abisal, pelagik, dan hadal (Nontji 1987). Laut dalam merupakan bagian lingkungan bahari yang terletak di laut terbuka dan lebih dalam dibanding paparan benua (> 200 m).

Komunitas di ekosistem laut dalam Indonesia belum banyak diketahui secara rinci. Hal ini dikarenakan terbatasnya ahli dan perangkat teknologi yang dimiliki untuk meneliti hingga mencapai perairan dalam. Secara umum keanekaragaman jenis yang ada di perairan laut dalam tidak setinggi ekosistem di tempat lain. Komunitas yang ada hanya konsumen dan pengurai, tidak terdapat produsen karena cahaya matahari tidak dapat menembus daerah ini.

Makanan konsumen berasal dari plankton yang mengendap dan biota lain yang telah mati. Dengan demikian, di laut dalam terjadi peristiwa memangsa dan dimangsa. Fauna yang hidup di perairan dalam memiliki warna yang pucat dan mempunyai mata indah yang peka dan mengeluarkan cahaya. Daur mineral terjadi karena gerakan air dari pantai ke tengah laut pada lapis atas. Perpindahan air ini digantikan oleh air dari daerah yang tidak terkena cahaya sehingga terjadi perpindahan air dari lapisan bawah ke atas (Kistinnah & Lestari 2009).

Keadaan lingkungan laut dalam sangat gelap dan dipastikan hampir tidak ada proses fotosintesis. Organisme yang hidup di perairan ini merupakan organisme yang sangat hebat karena dapat bertahan hidup dengan kadar oksigen yang sangat minim, tekanan hidrostatis yang tinggi, temperatur air yang rendah, dan lingkungan yang gelap. Beberapa contoh fauna laut dalam (kedalaman > 200 m) di Indonesia yang terekam disajikan dalam Tabel 1.

2.1.2 Ekosistem Limnik (Perairan Tawar)

Ekosistem limnik merupakan suatu kesatuan yang terdiri atas berbagai organisme yang berfungsi bersama-sama di suatu kumpulan massa air tawar pada suatu wilayah tertentu, baik yang bersifat mengalir (lotik) maupun air tenang (lentik), yang memungkinkan terjadinya aliran energi dan siklus materi di antara komponen biotik dan abiotik. Sungai merupakan ekosistem air mengalir, sedangkan danau, kolam, dan situ termasuk ekosistem air tenang. Pada buku ini ekosistem limnik yang akan dibahas adalah sungai dan danau.

2.1.2.1 Ekosistem Sungai

Sungai merupakan massa air yang mengalir dalam jumlah banyak dan berukuran panjang. Berdasarkan kecepatan aliran airnya, dikenal beberapa kelompok sungai, yakni sungai arus deras, arus sedang, dan arus lemah, sedangkan berdasarkan ukurannya dikenal nama sungai besar, anakan sungai, dan selokan. Di samping itu, berdasarkan keadaan fisik dikenal sungai berbatu, berpasir atau berlumpur, atau bahkan merupakan kombinasi semua unsur tersebut. Masing-masing dihuni oleh kelompok flora dan fauna yang berbeda, bergantung pada kondisi kualitas dan kuantitas air yang ada.

Ekosistem sungai mempunyai kekhasan karena merupakan koridor memanjang dari hulu sampai hilir yang panjangnya dapat sampai berpuluh atau ratusan kilometer. Keadaan kawasan di kanan-kiri sepanjang sungai berbeda antara sungai satu dan lainnya, begitu juga antara daerah hulu,

tengah, dan hilir. Bagian hulu sungai yang masih dikelilingi tutupan hutan yang relatif bagus akan memiliki kualitas perairan yang lebih baik dibandingkan badan sungai di bagian tengah atau hilir. Pada umumnya bagian tengah atau hilir sudah lebih banyak menanggung beban lingkungan akibat pembukaan kawasan hutan, pencemaran limbah penambangan, rumah tangga, pertanian, dan pabrik.

Daerah Aliran Sungai (DAS) di berbagai wilayah di Indonesia pada umumnya mengalami ancaman cukup berat yang disebabkan antara lain oleh penyempitan sempadan sungai-sungai karena pengikisan dan padatnya pemukiman di sempadan sungai serta pencemaran. Beberapa DAS terutama di daerah tengah dan hilir dan juga anak-anak sungai mengalami penurunan kualitas kimia dan fisika perairan akibat kegiatan perambahan hutan, penambangan emas, nikel, tembaga, kapur, pasir, dan pembuangan limbah industri. Gangguan ekosistem di bagian hulu sungai merupakan penyebab banjir pada bagian tengah dan hilir. Di samping itu, kerusakan di daerah hulu juga dapat menimbulkan debit air berkurang sehingga menyebabkan kekeringan saat musim kemarau di bagian hilir.

Ekosistem sungai yang terganggu akan berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitas air tanah yang bermanfaat bagi sumber air minum yang sehat. Selain itu, secara langsung atau tidak langsung akan berpengaruh terhadap biota akuatik yang ada di dalamnya, seperti ikan, udang, plankton, bentos, dan kepiting serta aneka jenis keong dan kerang.

2.1.2.2 Ekosistem Danau

Karakteristik danau berkaitan erat dengan sejarah pembentukannya. Danau tektonik, vulkanik, kawah, dan kaldera pada umumnya berada pada dataran tinggi di sekitar gunung atau pegunungan dan memiliki dasar yang dalam dan relatif stabil. Sebaliknya, danau genangan banjir berada pada dataran rendah dan relatif dangkal serta cenderung mendangkal akibat pelumpuran dan berkembangnya tumbuhan air invasif.

Danau merupakan badan air alami berukuran besar yang dikelilingi oleh daratan dan tidak berhubungan dengan laut, kecuali melalui sungai (Gambar 6). Danau bisa berupa cekungan yang terjadi karena peristiwa alam yang kemudian menampung dan menyimpan air hujan, mata air, rembesan, dan/atau air sungai (KLH 2010). Indonesia mempunyai sekitar 840 danau dan 735 situ (danau kecil) dengan luas total sekitar 500.000 ha. Danau terluas di Indonesia adalah Toba (110.260 ha), sedangkan danau yang paling dalam adalah Matano (600 m). Sebanyak 521 dari 840

Foto: Wiriyadinata 2008

Gambar 6. Danau Tomohon, Sulawesi Utara

Tabel 2. Jumlah dan Luas Danau di Indonesia

Pulau	Jumlah Danau (Luas > 10 Ha)	Total Luas (Ha)
Sumatra	170	190.043
Kalimantan	139	84.231
Jawa dan Bali	31	6.270
NTT dan NTB	14	6.041
Sulawesi	30	141.871
Maluku	10	3.438
Papua	127	59.830
JUMLAH	521	491.724

Sumber: Nontji 1991

danau memiliki luas lebih dari 10 ha (Tabel 2), tersebar hampir di semua pulau terutama di Sumatra, Sulawesi, Kalimantan, dan Papua (Nontji 1991) serta memiliki 3 dari 20 danau terdalam di dunia (> 400m) (KLH 2008).

Berdasarkan kedalamannya, ekosistem danau mempunyai empat mintakat:

1) Mintakat Litoral, merupakan daerah dangkal sehingga cahaya matahari dapat menembus dasar danau secara optimal dan air bagian tepi danau terasa hangat. Vegetasi pada mintakat berupa tumbuhan berakar dengan daun-daun mencuat ke atas permukaan air. Jenis biota dalam mintakat ini beraneka ragam, termasuk jenis alga yang melekat (khususnya diatom), berbagai siput dan remis, serangga, krustasea, ikan, amfibi, reptilia seperti kura-kura dan ular, itik, dan angsa serta beberapa mamalia yang mencari makan di danau.
2) Mintakat Limnetik, merupakan daerah air bebas yang jauh dari tepi dan masih dapat ditembus sinar matahari. Daerah ini dihuni oleh berbagai fitoplankton, termasuk alga dan sianobakteri; zooplankton yang sebagian besar termasuk rotifera, dan berbagai udang kecil pemangsa fitoplankton serta berbagai jenis ikan.
3) Mintakat Profundal, merupakan daerah yang dalam, yakni daerah afotik danau. Mikrob dan organisme lain menggunakan oksigen yang sangat terbatas untuk respirasi seluler setelah mendekomposisi detritus yang jatuh dari daerah limnetik. Daerah ini dihuni oleh cacing dan mikrob.
4) Mintakat Bentik, merupakan daerah dasar danau tempat hidup bentos dan tertimbunnya sisa-sisa organisme mati.

Berdasarkan produksi material organiknya, danau dapat dikelompokkan menjadi:

1) Danau oligotrofik, yaitu danau dalam dan kekurangan hara sehingga fitoplankton di daerah limnetik tidak produktif. Ciri-ciri danau ini antara lain berair jernih sekali, dihuni oleh sedikit organisme, dan di dasar air banyak terdapat oksigen sepanjang tahun.
2) Danau eutrofik, merupakan danau dangkal dan kaya akan kandungan hara sehingga fitoplankton sangat produktif. Ciri-ciri danau ini adalah airnya keruh, terdapat bermacam-macam organisme, dan oksigen terdapat di daerah profundal.

Danau oligotrofik dapat berkembang menjadi danau eutrofik akibat adanya material organik yang masuk secara berlebihan dan terendapkan. Perubahan ini dapat dipercepat oleh aktivitas manusia, misalnya dari sisa-sisa pupuk buatan, dari aktivitas pertanian, dan timbunan sampah kota di sekitarnya yang memperkaya danau dengan buangan sejumlah nitrogen dan fosfor. Akibat timbunan sisa-sisa pupuk dan sampah yang berlebihan, terjadilah peledakan populasi alga sehingga terjadi produksi detritus yang berlebihan yang akhirnya menghabiskan asupan oksigen danau tersebut. Pengayaan danau seperti ini disebut "eutrofikasi" yang menyebabkan air tidak dapat digunakan lagi dan mengurangi nilai keindahan serta fungsi ekosistem danau.

2.1.3 Ekosistem Semiterestrial

Ekosistem ini terbentang di daerah media kehidupan limnik (air tawar) dan marine (air masin). Media kehidupan di ekosistem ini ialah tanah basah dan tanah berbatu. Daerah ekoton ini mempunyai fungsi dan peran yang penting sehingga sering dimasukkan sebagai ekosistem esensial.

2.1.3.1 Ekosistem Mangrove

Mangrove adalah kelompok tumbuhan yang dapat tumbuh beradaptasi dengan baik pada kawasan pasang surut di daerah tropik dan subtropik. Terdapat lima faktor utama yang menentukan pembentukan hutan mangrove, yaitu arus air laut, salinitas, substrat, pengaruh darat seperti aliran sungai dan rembesan

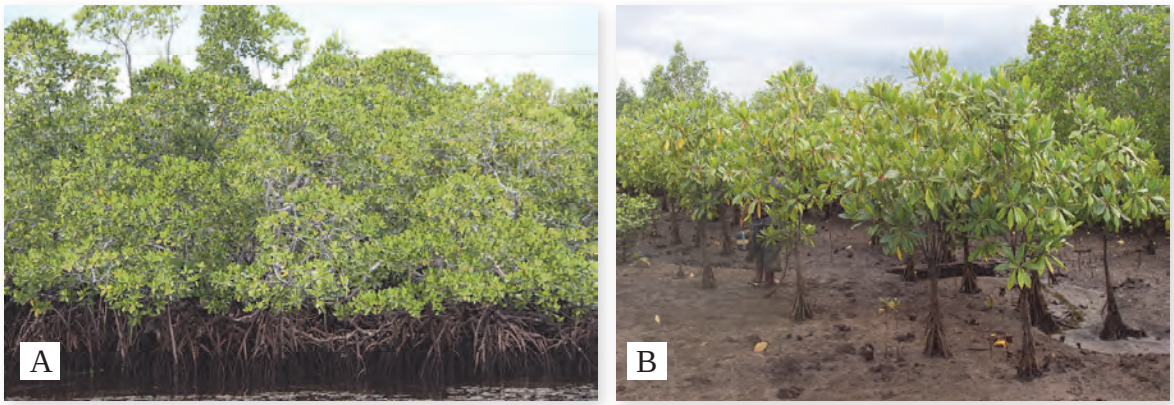


Foto: Pramudji 2013

Gambar 7. (A) Tegakan *Rhizopora apiculata* muda di Likupang, Sulawesi Utara dan (B) Penanaman *Bruguiera* di Probolinggo, Jawa Timur

air tawar yang masuk, dan keterbukaan terhadap gelombang.

Kawasan yang lebih ke arah laut didominasi oleh *Avicennia* yang biasanya bersama-sama dengan *Sonneratia* (Sonnertiaceae). Di belakang *Avicennia* terdapat mintakat yang ditumbuhi oleh bakau *Rhizophora* (Rhizophoraceae). Kehadiran *Rhizophora* merupakan suatu ciri khas komunitas mangrove karena tipe perakaran yang khas.

Ke arah darat, mintakat di belakang *Rhizophora* ditumbuhi oleh *Bruguiera* (Rhizophoraceae). Pohon *Bruguiera* hidup pada substrat yang lebih keras, seperti tanah liat. Pohon yang terletak di bagian yang berbatasan dengan darat yang umum dijumpai adalah *Ceriops* (Rhizophoraceae) yang bercampur dengan semak belukar. Pohon *Ceriops* dapat tumbuh saling tumpang tindih dengan *Bruguiera*, *Heritiera* (Malvaceae), dan *Lumnitzera* (Combretaceae).

Komposisi hutan mangrove ditentukan oleh beberapa faktor utama, yaitu substrat (bentuk tekstur dan kemantapan), kondisi pasang surut (frekuensi, kedalaman, dan/atau waktu genangan), dan salinitas (variasi harian dan musiman). Pada beberapa kasus, derajat keterbukaan terhadap cahaya dan pergerakan air juga merupakan faktor penting. *Rhizophora mucronata*, misalnya, membutuhkan lumpur yang dalam dan lembut. Sebaliknya, *R. apiculata* membutuhkan kondisi lumpur yang tidak terlalu dalam dan lembut. Sementara itu, *R. stylosa* hidup di dekat pantai berpasir, di daerah terumbu karang. *Rhizophora* akan mati bila salinitas turun dan akan diganti oleh jenis mangrove yang letaknya di bagian belakang, seperti *Lumnitzera.* Jika arus gelombang sangat kuat, *Nypa fruticans* dengan akar yang padat dan banyak lebih mampu bertahan pada kondisi ini (Gambar 7).

Nipah (*Nypa fruticans*) umumnya hidup di substrat yang lembut dan berlumpur seperti di muara sungai dan jarang tumbuh di tempat yang secara langsung menghadap laut. Jenis ini sering dijumpai bersama marga lain, seperti *Avicennia, Sonneratia* atau *Rhizophora*. Hutan mangrove merupakan ekosistem pesisir yang paling produktif, menghasilkan serasah daun dan ranting antara 7 dan 8 ton/ha/tahun (Nontji 1987). Mangrove merupakan sumber hara bagi rantai makanan perairan yang berawal dari detritus, tempat sebagian besar produksi organik dikirim ke perairan

Foto: Partomihardjo 2011

HUTAN NIPAH

Beberapa hutan di daerah pantai yang tidak langsung mengarah ke laut atau di daerah muara sungai memiliki vegetasi yang didominasi oleh Nipah (*Nypa fruticans*) atau juga oleh pohon sagu (*Metroxylon sagu*). Foto di atas memperlihatkan Nipah yang tumbuh di tepi pantai di Pulau Natuna.

pantai di sekitarnya yang akhirnya mendukung ekosistem perairan pantai tersebut.

Ketebalan hutan mangrove bertambah sepanjang aliran sungai dan delta yang terbentuk dari tanah liat dan pasir. Hutan mangrove tidak tebal di sepanjang pantai lurus yang tidak memiliki sungai. Di dekat terumbu karang dan sepanjang pantai berbatu, biji pohon-pohon bakau hanya dapat tumbuh pada celah-celah dan tepi pantai, tanpa ada pemintakatan ekosistem yang jelas, mungkin hanya ada mintakat Rhizophora. Di muara sungai yang landai dan terbuka, mangrove dapat tumbuh jauh ke arah hulu (van Steenis, tidak diterbitkan).

Hutan mangrove berperan penting bagi ekonomi perikanan di kawasan tropik. Mangrove memiliki produktivitas bahan organik yang tinggi dan menghasilkan detritus yang sangat banyak sehingga ekosistem ini sangat kaya akan bahan makanan. Mangrove merupakan habitat bagi berbagai biota laut, termasuk jenis yang tinggi

Tabel 3. Luas dan Sebaran Hutan Mangrove di Indonesia

PROVINSI	BIPRAN [1] 1982 (ha)	NFI [2] 1993 (ha)	RePPPRoT[3] 1985-1989 (ha)	PHPA AWB[4] 1987 (ha)	GIESEN[5] 1993 (ha)	RLPS MOF 2007 (ha)	BIG 2009 (ha)
Aceh	54.335	102.970	59.400	55.000	20.000	422.703	22.950
Sumatra Utara	60.000	98.340	86.800	60.000	30.750	364.581	50.370
Jambi	65.000	13.450	18.000	50.000	4.050	52.567	12.528
Riau	276.000	221.050	239.900	470.000	184.400	261.285	206.293
Kepulauan Riau	-	-	-	-	-	178.418	54.682
Sumatra Selatan	195.000	363.430	240.700	110.000	231.025	1.693.112	149.707
Bengkulu	-	2.610	2.100	20.000	<2000	-	2.322
Sumatra Barat	-	4.850	3.000	-	1.800	61.534	3.003
Bangka Belitung	-	-	-	-	-	273.693	64.567
Lampung	17.000	49.440	31.800	3.000	11.000	866.149	10.534
Kalimantan Barat	40.000	194.300	205.400	60.000	40.000	342.600	149.344
Kalimantan Tengah	10.000	48.740	28.700	20.000	20.000	30.498	68.132
Kalimantan Timur	266.800	775.640	667.800	750.000	266.800	883.379	364.255
Kalimantan Selatan	66.650	120.780	112.300	90.000	66.650	116.824	56.552
Sulawesi Selatan	66.000	104.030	67.200	55.000	34.000	28.978	12.821
Sulawesi Tenggara	29.000	70.840	100.900	25.000	29.000	74.349	44.030
Sulawesi Utara	4.833	38.150	27.300	10.000	4.833	32.385	7.347
Sulawesi Tengah	-	37.640	42.000	-	17.000	29.622	67.320
Maluku dan Maluku Utara	100.000	148.710	212.100	46.500	100.000	171.922	178.751
Jawa Barat, DKI dan Banten	28.608	-	8.200	5.700	<5000	15.323	11.370
Jawa Tengah	13.576	-	18.700	1.000	13.577	50.690	4.858
Jawa Timur	7.750	-	6.900	500	500	272.230	18.254
Bali	1.950	-	500	500	<500	2.216	1.925
Nusa Tenggara Barat	3.678	-	6.700	-	4.500	18.357	11.921
Nusa Tenggara Timur	1.830	10.780	20.700	21.500	20.700	40.641	20.678
Timor Timur	-	4.600	100	-	<100	-	-
Irian Jaya	2.943.000	1.326.990	1.583.300	1.382.000	1.382.000	1.438.421	1.634.003
Jumlah	4.251.010	3.737.340	3.790.500	3.235.700	2.490.185	7.758.411	3.244.018

Sumber:

1. Dit. Bina Program, Dep. Kehutanan bersama dengan FAO/UNDP (1982) menggunakan data dari tahun 1970-an.
2. *National Forest Inventory*, INTAG, Dep. Kehutanan menggunakan data *Landsat* dari awal dan pertengahan tahun 1980-an.
3. RePPPRoT (1983–1989) Kementerian Transmigrasi dan Pemerintah Inggris, menggunakan data *Landsat* dari akhir tahun 1980-an, dikombinasikan dengan foto udara dan citra radar. *Ministry of Transmigration and British Government-using Landsat data from early to late 1980's plus aerial photography and radar imagery*.
4. PHPA/AWB (Asian Wetland Bureau) 1990–92 dari Proyek Lahan basah Sumatra (*Sumatra Wetland Project*).
5. Giesen 1993.

Tabel 4. Lokasi Hutan Mangrove untuk Perlindungan Satwa Liar di Indonesia

No.	Lokasi	Total Area (ha)	Perlindungan jenis
1	Berbak, Sumatra	8.500	*Crocodylus* spp.
2	Kuala Langka, Sumatra	1.000	*Crocodylus* spp.
3	Kuala Jambuaye, Sumatra	3.000	*Crocodylus* spp.
4	Muara Angke, Jawa	15	*Egretta* spp.
			Halcyon spp.
			Arhinga spp.
5	Muara Cimanuk, Jawa	7.100	*Ibis* spp.
6	Muara Mauk, Jawa	1.000	*Bubulcus ibis*
7	Pulau Sepanjang, Madura	2.430	*Ibis cinereus*
			Halcyon spp.
			Ciconia episcopus
8	Teluk Kelumpang, Kalimantan	13.750	*Nasalis larvatus*
9	Pamuka, Kalimantan	10.000	*Nasalis larvatus*
10	Muara Kendawangan, Kalimantan	150.000	*Nasalis larvatus*
11	Tanjung Puting, Kalimantan	11.000	*Nasalis larvatus*
			Arhinga sp.
			Ibis cinerus
12	Muara Kahayan, Kalimantan	150.000	*Nasalis larvatus*
13	Teluk Adeng dan Teluk Apar, Kalimantan	128.000	*Crocodylus* spp.
14	Gunung Lorentz, Papua		*Crocodylus* spp.
			Halcyon sp.
			Ciconia episcopus
15	Pulau Dolok, Papua	105.000	*Crocodylus* spp.
16	Bali Barat, Bali		Jalak Bali
17	Ujung Kulon, Jawa		Badak

Sumber: Kusmana 2012

nilai ekonominya, seperti ikan dan udang. Mangrove melindungi garis pantai dari abrasi yang disebabkan oleh gelombang dan angin kencang serta mencegah intrusi garam ke kawasan darat dan membersihkan perairan pantai dari pencemaran.

Pada tahun 1982, luas mangrove Indonesia dilaporkan mencapai 4,25 juta hektare (Tabel 3) yang secara sektoral disebut sebagai kawasan hutan. Pada tahun 2003 luas tersebut merosot menjadi 3,9 juta hektare. Berdasarkan Badan Informasi Geospasial (BIG 2013), data terakhir luas mangrove Indonesia hampir mencapai 3,24 juta hektare (Saputro *et al.* 2009).

Di Indonesia keanekaragaman jenis yang tercatat dalam ekosistem mangrove berbeda antara satu pulau dan pulau lainnya. Dari 202 jenis mangrove yang telah diketahui, 166 jenis terdapat di Jawa, 157 jenis di Sumatra, 150 jenis di Kalimantan, 142 jenis di Irian Jaya, 135 jenis di Sulawesi, 133 jenis di Maluku, dan 120 jenis di Kepulauan Sunda Kecil. Khusus untuk Pulau Jawa, meskipun memiliki keanekaragaman jenis yang paling tinggi, sebagian besar jenis-jenis yang tercatat berupa jenis-jenis gulma dari suku Chenopodiaceae, Cyperaceae, dan Poaceae. Selain itu, penelitian mangrove lebih intensif dilakukan di Pulau Jawa dibandingkan di pulau-pulau lainnya. Di Indonesia keanekaragaman jenis mangrove tercatat mencapai 243 jenis, tergolong dalam 197 marga dan 83 suku dari 268 jenis di Asia Tenggara (Giesen *et al.* 2007).

Mangrove merupakan salah satu ekosistem yang khas di kawasan tropik dan subtropik. Setidaknya terdapat 48 jenis pepohonan, 5 jenis semak, 9 jenis herba, 2 jenis parasit, 50 jenis gastropoda, 5 jenis bivalvia, 34 jenis krustasea, 30 jenis serangga (Kusmana 2012), dan 35 jenis tumbuhan asosiasi mangrove (Suharsono 2013 kom. pri) ditemukan di ekosistem mangrove. Kemenhut menyatakan perlunya dilakukan

penambahan luasan mangrove, sedikitnya menjadi 7,8 juta hektare dengan 30,7% dalam kondisi bagus, 27,4% kondisi terganggu, dan 41,9% sudah rusak. Ekosistem mangrove sangat penting untuk mendukung kehidupan jenis-jenis satwa spesifik seperti bekantan (*Nasalis* sp.), kepiting (*Uca* spp.), dan buaya (*Crocodylus porosus*). Hingga saat ini Indonesia sudah menetapkan kawasan mangrove sebagai kawasan konservasi satwa. Tercatat ada 17 lokasi perlindungan ekosistem mangrove untuk melindungi jenis-jenis satwa tertentu (Kusmana 2012) seperti disajikan pada Tabel 4. Hilangnya ekosistem mangrove berdampak pada terganggunya populasi jenis-jenis satwa seperti kelelawar sehingga akan berdampak terhadap penurunan hasil panen buah-buahan yang diserbuki oleh kelelawar di kawasan Asia Tenggara (Eardley *et al.* 2006).

2.1.3.2 Ekosistem Riparian

Perkataan *riparian* berasal dari bahasa Latin *ripa* yang berarti "tepian sungai". Mintakat riparian adalah wilayah peralihan atau ekosistem peralihan (ekoton) antara badan air dan daratan di luar lingkungan sungai. Wilayah ini memiliki karakter yang khas karena adanya perpaduan lingkungan perairan dan daratan. Salah satu komunitas tumbuhan pada mintakat ini dicirikan oleh tumbuhan yang beradaptasi dengan perairan dan arus kencang, yakni jenis tumbuhan hidrofilik dan reofitik yang dikenal sebagai vegetasi riparian.

Foto: Partomihardjo 2009

CONTOH EKOSISTEM RIPARIAN

Ekosistem riparian didominasi oleh satu atau beberapa jenis tumbuhan. Salah satu contoh ekosistem riparian yang didominasi oleh satu jenis tumbuhan ada di Merang, Sumatra Selatan, didominasi oleh jenis tumbuhan pandan.

Wilayah riparian bisa terbentuk secara alami atau dibentuk untuk keperluan stabilisasi tanah dan rehabilitasi lahan. Mintakat ini merupakan biofilter alami penting yang melindungi lingkungan akuatik dari sedimentasi yang berlebihan, aliran air permukaan yang terpolusi, dan erosi tanah. Selain itu, wilayah ini juga menyediakan perlindungan dan pakan untuk banyak jenis hewan akuatik dan menjadi naungan yang penting dalam pengaturan suhu perairan. Berdasarkan fungsi dan karakternya, wilayah ini berperan sebagai mintakat penyangga (*buffer zone*) bagi kawasan di sekitarnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mintakat riparian berperan penting dalam menjaga kualitas air yang masuk ke sungai, baik dari aliran air permukaan maupun dari aliran air bawah tanah. Hal tersebut terutama penting untuk mengurangi senyawa nitrat (denitrifikasi) yang berasal dari penggunaan pupuk yang berlebihan di lahan-lahan pertanian daerah sekitarnya yang terbawa oleh aliran air dan berpotensi merusak ekosistem serta mengganggu kesehatan lingkungan sungai. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa keberadaan ekosistem riparian sangat penting sebagai fungsi penyangga kawasan lainnya.

Riparian juga berfungsi meredam energi aliran air, yakni kelok liku aliran sungai. Vegetasi dan perakaran pada ekosistem ini mampu meredam energi dari terjangan arus sungai sehingga mengurangi erosi dan kerusakan badan sungai akibat banjir. Ketika banjir besar, mintakat riparian dapat mencegah kerusakan yang lebih luas di bagian luar sungai walaupun mintakat tersebut dapat menjadi porak-poranda. Sementara itu, pada bagian lain mintakat riparian sering mengalami sedimentasi sehingga menurunkan kadar tanah terlarut dalam air sehingga dapat mengurangi tingkat kekeruhan air sungai.

Ekosistem riparian merupakan habitat satwa dengan keanekaragaman hayati yang tinggi dan berfungsi sebagai koridor satwa yang menghubungkan satu wilayah dengan lainnya. Fungsi ini terlihat nyata terutama di wilayah perkotaan, tempat mintakat-mintakat riparian yang terpelihara dan merupakan habitat berbagai jenis reptil, amfibia, burung, dan lainya. Mintakat ini menghubungkan populasi-populasi hewan di hilir dengan kawasan hulu sungai.

Jenis tumbuhan yang berkembang pada daerah aliran deras di Kalimantan termasuk famili Euphorbiaceae, Poaceae, Fagaceae, Melastomataceae, Meliaceae, Myrtaceae atau Rubiaceae (MacKinnon *et al.* 1996). Untuk semak, tercatat *Osmoxylon borneense* (Araliaceae), *Myrmeconauclea strigosa* (Rubiaceae), jenis rerumputan antara lain *Pogonatherum paniceum*, sedangkan *Themeda gigantea* (Poaceae) tumbuh pada dinding bebatuan dan pinggiran sungai. Jenis pepohonan yang banyak tumbuh di pinggiran sungai dengan dinding terjal antara lain adalah *Aglaia rivularis* (Meliaceae) dan *Lithocarpus* spp. (Fagaceae).

Ekosistem riparian wilayah Tumpah di daerah Toraut adalah jenis-jenis dari anggota suku Anacardiaceae, seperti rau (*Dracontomelon dao*) dan *Pometia pinnata* (Sapindaceae). Sementara itu, di Sungai Sopu ditemukan jenis *Duabanga moluccana*, *Ficus* sp. dan *Saurauia oligolepis* (Anthony 1987). Jenis-jenis yang dijumpai di sepanjang Sungai Aimoca di Papua antara lain adalah matoa (*Pometia pinnata*), *Anisoptera thurifera*, *Elaeocarpus* sp., *Alangium* sp., *Garcinia* sp., *Syzygium* sp., dan *Neolamarckia cadamba*. Sementara itu, di tepi sungai yang terendam air didominasi oleh *Pragmites karka* di daerah yang lebih rendah dan di daerah tinggi didominasi oleh *Saccharum robustum*, sukun hutan (*Artocarpus altilis*) yang merupakan jenis pohon pertama yang tumbuh di puncak tepi sungai yang rendah (Kartikasari *et al.* 2012).

Jenis pepohonan lain yang umum menyusun vegetasi riparian Kalimantan adalah anggota suku Leguminosae, seperti *Crudia ripicola* dan *Saraca declinata* di samping anggota suku Dipterocarpaceae, seperti *Dipterocarpus oblongifolius*, *Shorea pinanga*, *S. Stenoptera*, dan *Vatica rassak*. Jenis-jenis tersebut dikenal sebagai penghasil buah yang potensial dan merupakan sumber pakan berbagai jenis ikan sungai.

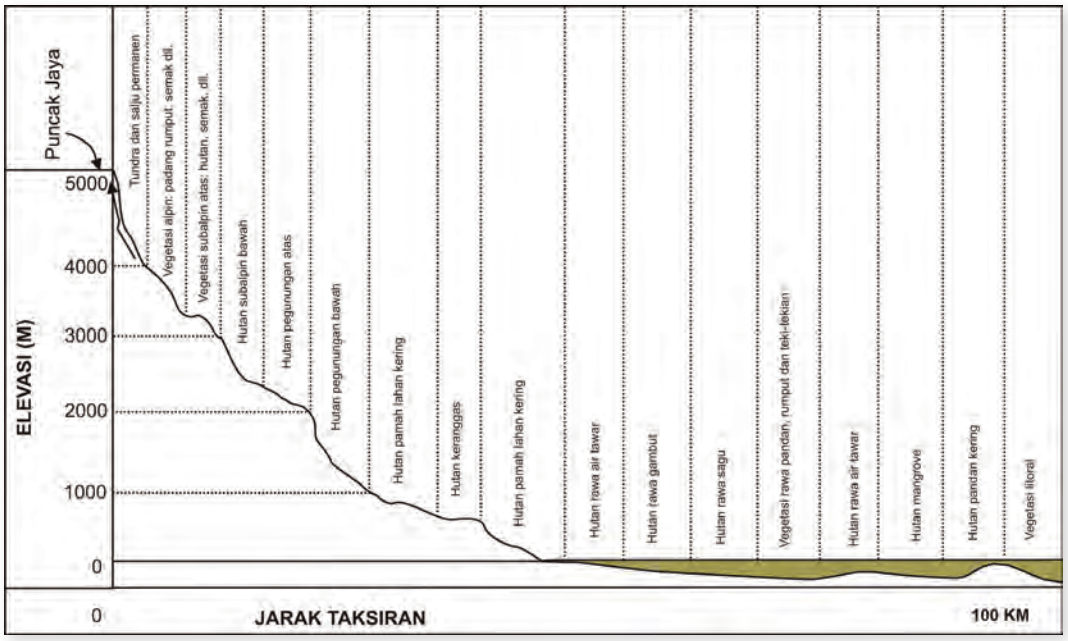
Komunitas khas ini biasa sebagai hutan riparian. Beberapa jenis dari suku Dipterocarpaceae, seperti *Dipterocarpus elongatus*, *D. oblongifolius*, dan jenis-jenis penghasil tengkawang, seperti *Shorea macrophylla*, *S. seminis*, *S. splendida*, dan *S. stenoptera* dijumpai di kawasan riparian. Kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*) dan merbau (*Intsia palembanica* dan *I. bijuga*) yang mempunyai nilai ekonomi tinggi kadang tumbuh di ekosistem riparian.

Di bagian yang kerap tergenang, daerah riparian ditumbuhi oleh jenis tetumbuhan yang lebih beradaptasi dengan lingkungan genangan, seperti bintaro (*Cerbera* spp.), butun darat (*Barringtonia racemosa*), pedada (*Sonneratia caseolaris* dan *S. ovata*), rengas (*Gluta renghas*), mangga hutan (*Mangifera gedebi*), dan terentang (*Campnosperma auriculatum*). Lokasi yang terganggu daerah luapan sungai di Sumatra sering didominasi oleh gelam (*Fagraea fagrans*), ampupu (*Melaleuca leucadendra*), dan pandan (*Pandanus* spp.), sedangkan di Kalimantan sering melimpah jenis jabon (*Neonauclea purpurea*) dan binuang (*Duabanga moluccana*).

Satu bentuk lain vegetasi riparian di daerah kering adalah hutan galeri. Hutan ini merupakan wilayah-wilayah sempit yang selalu hijau yang tumbuh di sepanjang aliran sungai di antara hamparan hutan musim, savana atau padang rumput di wilayah beriklim kering seperti di Nusa Tenggara. Sungai-sungai itu sendiri mungkin mengering pada sebagian besar waktu sepanjang tahun (di Jawa Timur sungai semacam ini disebut *curah*), namun kelembapan yang tersimpan dalam tanahnya masih mampu mempertahankan kehijauan vegetasi. Hutan galeri terbentuk di daratan rendah/pamah hingga jurang-jurang di daerah berbukit, sampai pada ketinggian sekitar 2.000 m. Di daerah pesisir yang bersavana, hutan galeri ini sering digantikan oleh hutan rawa payau yang didominasi oleh gebang (*Corypha utan*) dan diselingi lontar (*Borassus flabellifer*).

2.1.4 Ekosistem Terestrial (Darat)

Berbeda dengan ekosistem perairan yang batasan tipe ekosistemnya dapat dibedakan dengan jelas, tidak demikian halnya dengan eksosistem terestrial. Meskipun demikian, ada berbagai ciri yang dapat digunakan untuk menentukan batasan eksosistem terestrial. Ciri-ciri vegetasi merupakan salah satu komponen ekosistem yang paling mudah dikenali sehingga sering digunakan untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan batasan-batasan ekosistem terestrial (Mueller-Dombois & Ellenberg dalam Kartawinata 2013). Vegetasi di Indonesia dapat diklasifikasikan



Sumber: Kartawinata 2013

Gambar 8. Tipe Vegetasi di Indonesia

berdasarkan curah hujan, ketinggian tempat, status air, dan tipe tanahnya (van Steenis 1957, Whitmore 1984, Kartawinata 2013).

Berdasarkan curah hujan, tipe vegetasi di Indonesia dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu vegetasi malar basah (*everwet vegetation*) dan monsun (*monsoon vegetation*). Vegetasi malar basah mendapatkan curah hujan tahunan sepanjang 1.000–7.100 mm, sedangkan curah hujan pada vegetasi monsun hanya berkisar antara 700–2.900 mm. Vegetasi malar basah dapat ditemukan hampir di seluruh wilayah Indonesia, sedangkan monsun dapat ditemukan di Jawa bagian timur, Nusa Tenggara, dan Papua (van Steenis 1957).

Kartawinata (2013) membagi tipe vegetasi Indonesia menjadi lebih kecil lagi berdasarkan komposisi, struktur, dan jenis tumbuhan dominan sehingga terdapat 74 tipe vegetasi yang mewakili ekosistem di Indonesia (Gambar 8). Tidak semua tipe ekosistem tersebut akan dibahas dalam buku ini.

Ekosistem terestrial berbatasan dengan ekosistem pesisir mulai dari dataran rendah/pamah, pegunungan dari ketinggian 1.000 m hingga kawasan alpin pada ketinggian 4.000 m. Hampir semua tipe ekosistem tersebut dapat ditemukan di Papua, khususnya di Pegunungan Lorentz.

2.1.4.1 Ekosistem Hutan Pamah

Hutan pamah (*lowland forest*) terbentang pada ketinggian 0–1.000 m dan dapat ditemukan hampir di seluruh wilayah Indonesia. Berdasarkan data terbaru, Papua memiliki hutan pamah terluas di Indonesia atau sekitar 60% dari total luas Papua (Kartikasari *et al.* 2012).

Secara umum hutan pamah memiliki karakteristik pohon dengan diameter besar > 100 cm dan tinggi mencapai 45 m. Pohon mencuat, pohon dengan akar papan/banir yang besar, dan liana merupakan karakteristik yang umum ditemukan pada tipe hutan ini. Meskipun epifit juga dapat ditemukan di hutan pamah, jumlah jenis dan populasinya lebih sedikit dibandingkan hutan pegunungan. Adanya pohon mencuat ini menyebabkan lapisan kanopi di hutan pamah dapat dibedakan menjadi tiga atau empat lapis.

1. Hutan Pantai

Daerah pantai adalah daerah pertemuan antara daratan dan lautan. Hutan pantai dipengaruhi oleh pasang surut air laut, terletak di kawasan litoral dan intertidal (Whitten *et al.* 1996), pada substrat berpasir atau berbatu-batu. Ekosistem pantai, khususnya pantai berpasir (Gambar 9), memiliki peran penting sebagai habitat bagi berbagai jenis fauna, seperti sebagai tempat bertelurnya penyu.

Foto: Suhardjono 2011

Gambar 9. Hutan pantai berpasir

Foto: Suhardjono 2011

Gambar 10. *Ipomoea pes-caprae* yang mendominasi formasi *pes-caprae* pada ekosistem pantai di Pulau Anak Krakatau

Tumbuhan yang menyusun tipe vegetasi ini memiliki sistem perakaran yang dalam dan toleran terhadap kadar garam tinggi, tahan terhadap tiupan angin dan suhu tinggi sehingga berperan penting dalam menjaga kestabilan dan menjamin proses suksesi di pantai (Kartawinata 2013).

Ada tiga formasi vegetasi pantai yang umum ditemukan dengan komposisi floristik yang seragam di seluruh Indonesia. Pertama adalah formasi *pes-caprae,* didominasi oleh jenis kangkung laut (*Ipomoea pes-caprae*) (Gambar 10) dan rerumputan, seperti *Spinifex littoreus, Ischaemum muticum, Chloris barbata, Dactyloctenium aegyptium,* dan *Remirea maritima*. Tumbuhan lain yang dapat ditemukan dalam formasi ini adalah *Canavalia rosea* dan *Vigna marina.* Pada formasi *pes-caprae* sering muncul tumbuhan parasit dari jenis *Cassytha filiformis.* Formasi *pes-caprae* hanya berkembang pada tipe pantai berpasir yang dinamis.

Formasi kedua terbentuk di belakang formasi *pes-caprae,* umumnya berupa hutan pantai terutama pada tanah yang lebih stabil dari timbunan pasir atau di atas tanah

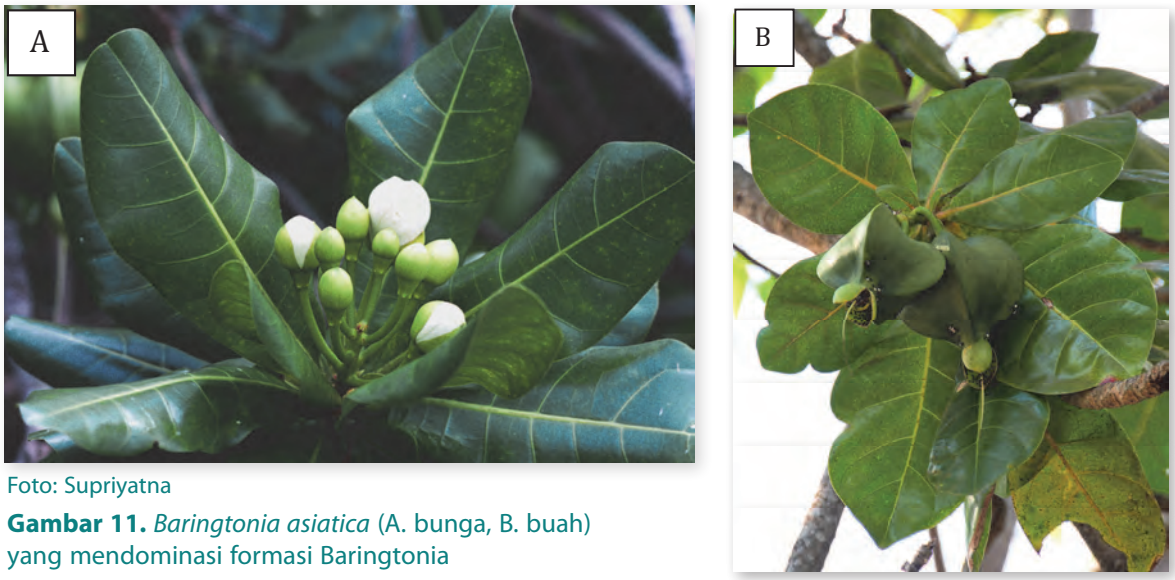


Foto: Supriyatna

Gambar 11. *Baringtonia asiatica* (A. bunga, B. buah) yang mendominasi formasi Baringtonia

berbatu. Hutan pantai sering disebut sebagai formasi *Barringtonia* karena didominasi oleh jenis *Barringtonia asiatica* (Gambar 11) yang biasanya ditemukan di belakang formasi *pes-caprae* dan *Barringtonia racemosa* di belakang mangrove. Jenis lain yang dapat ditemukan adalah nyamplung (*Calophyllum inophyllum*), pandan (*Pandanus tectorius* dan *P. dubius*), cemara laut *(Casuarina equisetifolia)*, waru (*Hibiscus tilliaceus)*, kanjere *(Pongamia pinnata)*, brogondolo (*Hernandia nymphaeifolia*), dan ketapang (*Terminalia catappa)*. Pada lokasi tertentu, pantai semacam ini juga ditumbuhi oleh jenis buta-buta (*Excoecaria agallocha*), *Cathormion umbellatum*, dan *Diospyros maritima*. Biji atau buah dari jenis tumbuhan pantai tersebut dipencarkan melalui air laut untuk jarak jauh dan oleh kelelawar untuk jarak dekat ke wilayah pedalaman (Nakamoto *et al.* 2009).

Formasi ketiga adalah bukit pasir (*dunes*). Tidak banyak formasi bukit pasir yang dapat ditemukan di Indonesia. Formasi ini dapat ditemukan di Pantai Selatan Jawa dan daerah timur Indonesia yang memiliki iklim lebih kering. Tumbuhan penyusun vegetasi bukit pasir ini umumnya meliputi jenis penyusun formasi *Ipomoea pes-caprae*, misalnya *Spinifex littoreus, Remirea maritima, Ischaemum muticum, Ipomoea gracilis*, dan *Chloris barbata* serta *Dactyloctenium aegyptium*. Hutan pantai dengan susbtrat berbatu dapat ditemukan di beberapa daerah, seperti di selatan Jawa, sebagian pantai barat Sumatra, Bali, Nusa Tenggara, Maluku, dan pulau-pulau kecil yang tersebar di seluruh Indonesia.

2. Hutan Dipterokarpa

Sampai dengan tahun 1996, dilaporkan bahwa Indonesia, khususnya Borneo (Kalimantan), masih memiliki hutan dipterokarpa paling baik yang masih tersisa (MacKinnon *et al.* 1996). Meskipun demikian, banyaknya tekanan berbagai kegiatan seperti pembalakan, perkebunan kelapa sawit, dan pembukaan lahan untuk pertanian menyebabkan luas hutan dipterokarpa semakin berkurang.

Hutan dipterokarpa juga dilaporkan memiliki keanekaragaman jenis tumbuhan yang tinggi, yakni mencapai 200–300 jenis pohon per hektare. Jumlah tersebut dapat menjadi lebih banyak bila jenis epifit, liana, pemanjat, dan terna penyusun vegetasi lantai hutannya dimasukkan ke dalam hitungan (Riswan *et al.* 1985).

Hutan ini didominasi oleh jenis-jenis pohon Dipterocarpaceae seperti meranti (*Shorea* spp.), keruing (*Dipterocarpus* spp.), dan kamper (*Dryobalanops* spp.). Di Indonesia, tipe hutan ini ditemukan di Kalimantan dan Sumatra, tetapi jenis dipterokarpa dapat ditemukan hingga di Jawa, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua. Hutan dipterokarpa berkembang pada ketinggian 0–1.000 m. Sampai saat ini sedikitnya terdapat 371 jenis dipterokarpa yang sudah tercatat dan divalidasi ada di Indonesia. Kalimantan merupakan pusat keanekaragaman jenis ini (MacKinnon *et al*. 1996) karena lebih dari 50% jenis dipterokarpa dapat ditemukan di Kalimantan. Tercatat sekitar 199 jenis dipterokarpa di Kalimantan dan 103 jenis di Sumatra yang berasal dari marga *Anisoptera*,

Foto: Susanti 2006

Gambar 12. Kanopi Hutan Dipterokarpa di Kalimantan Timur memperlihatkan pohon *Shorea laevis* yang mencuat

Balanocarpus, Cotylelobium, Dipterocarpus, Dryobalanops, Hopea, Parashorea, Shorea, Upuna, dan *Vatica.* Selain suku Dipterocarpaceae, tumbuhan lain yang dapat ditemukan di hutan dipterokarpa adalah anggota suku Annonaceae, Burseraceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Meliaceae, Myristicaceae, dan Myrtaceae (Kartawinata 2006, Kartawinata *et al*. 2008). Meskipun Euphorbiaceae dan Rubiaceae tidak menjadi tumbuhan dominan, tetapi merupakan suku penting dengan keanekaragaman jenis yang tinggi penyusun hutan ini.

Pohon dipterokarpa seperti *Shorea laevis* dengan diameter besar dan dapat tumbuh mencuat mencapai hingga ketinggian 45–60 m memberikan ciri yang berbeda dari tipe hutan yang lain (Gambar 12). Hutan dipterokarpa biasanya memiliki tiga sampai empat lapis kanopi. Lapisan utama kanopi hutan umumnya terdiri atas jenis anggota Dipterocarpaceae dan Sapotaceae. Lapisan bawah kanopi (*understorey*) terdiri atas jenis-jenis Lauraceae, Meliaceae, dan Sapotaceae, sedangkan lapisan di bawahnya berupa pohon kecil dan jenis semak dari suku Euphorbiaceae dan Rubiaceae. Liana besar seperti *Uncaria* dan *Spatholobus* yang naik hingga kanopi utama serta berbagai rotan dengan duri yang khas merupakan karakteristik lain hutan dipterokarpa. Epifit seperti *Pandanus epiphyticus*, *Schefflera* spp., dan berbagai jenis anggrek dapat ditemukan di hutan ini.

3. Kerangas

Kata kerangas berasal dari "Dayak Iban" yang artinya lahan yang tidak dapat ditumbuhi oleh padi. Hutan kerangas biasanya tumbuh di tanah podsol, tanah pasir, dan masam, berasal dari bahan induk batuan yang mengandung silica (Rautner *et al.* 2002). Kandungan unsur hara tanah di hutan kerangas sangat miskin, dengan pH tanah yang rendah sehingga hutan kerangas tidak dapat ditanami lagi setelah ditebang dan terbakar baik secara alami maupun buatan (Djuwansyah 2000).

Hutan kerangas dicirikan oleh kehadiran pepohonan jenis tertentu dengan daun yang kecil dan agak tebal serta toleran terhadap kondisi tanah yang miskin hara dan asam. Komposisi jenis dan struktur tumbuhan penyusun hutan kerangas (Gambar 13) berbeda dengan tumbuhan penyusun vegetasi hutan pamah lainnya. Stratifikasi pohon terdiri atas satu atau dua lapis dengan tinggi sekitar 4,5–9 m yang terdiri atas pepohonan berukuran kecil atau anakan jenis pohon besar. Hutan kerangas memiliki kehati yang

Foto: Rahajoe 2013

Gambar 13. Hutan Kerangas di Desa Bawan Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah

lebih rendah dibandingkan tipe hutan tropik lainnya.

Untuk adaptasi terhadap kondisi tanah yang kurang subur, banyak jenis tumbuhan yang mampu mengambil unsur hara melalui bantuan Rhizobium pada sistem perakarannya, seperti *Gymnostoma nobile*. Ada pula beberapa jenis tumbuhan yang bersimbiosis dengan semut untuk mendapatkan nutrisi yang dibutuhkan, misalnya *Mymecophytes* termasuk *Myrmecodia* spp. dan *Hydnophytum* spp. Jenis *Nepenthes* spp., *Drosera* spp., dan *Utricularia* spp. merupakan tumbuhan karnivora yang mampu menangkap serangga dan mendegradasinya untuk pertumbuhannya.

Hutan kerangas mudah dibedakan dengan hutan pamah lainnya di Borneo dengan komposisi jenis, struktur, dan warna yang berbeda (Gambar 13). Hutan kerangas dicirikan salah satunya adalah jumlah jenis tumbuhannya sedikit dan kanopinya seragam. Tercatat ada 48 jenis pohon penyusun hutan kerangas di Desa Bawan, dengan jenis yang umum dijumpai adalah *Calophyllum* cf. *calcicola*, *Stemonurus secundiflorus*, *Ternstroemia aneura*, *Hopea ferruginea*, dan *Neoscortechinia kingii*. Dari hasil survei tersebut, tercatat 11 jenis dari suku Dipterocarpaceae, yaitu *Shorea rugosa*, *S. scaberrima*, *S. brunnescens*, *S. materialis*, *S. teysmaniana*, *S. beccariana*, *Hopea ferruginea*, *Dipterocarpus elongatus*, *Cotylelobium lanceolatum*, dan *Vatica umbonata* (Rahajoe *in prep*). Jumlah jenis tumbuhan hutan kerangas di Desa Bawan (Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah) kurang dibandingkan dengan di Lahei (Kalimantan Tengah) yang tercatat 121 jenis tumbuhan dengan 3 jenis utama yang mendominasi adalah *Calophyllum* spp., *Dipterocarpus borneensis*, dan *Cotylelobium lanceolatum* (Miyamoto *et al.* 2003). Menurut Rautner *et al*. (2002), terdapat 123 jenis tumbuhan yang tercatat di hutan kerangas di Kalimantan. Jumlah ini lebih kecil dibandingkan hutan dipterokarpa yang tumbuhan penyusunnya mencapai 214 jenis per hektare.

Meskipun demikian, setelah lima tahun kebakaran di hutan kerangas di wilayah Taman Nasional Danau Sentarum, Kalimantan Timur, berkembang jenis pionir seperti *Bellucia pentamera*, *Alstonia scholaris*, *Vernonia arborea*, *Glochidion zeylanicum*, *Macaranga gigantea*, *Breynia virgata*, *Cratoxylum formosum*, *Melastoma polyanthum*, *Ficus schwarzii*, *F. variegata*, *Nauclea orientalis*, *Artocarpus* cf. *rigidus*, *Neonauclea excelsa*, dan *Vitex pinnata* (Onrizal *et al.* 2005).

Telah diakui bahwa jenis tumbuhan penyusun hutan kerangas sedikit jumlahnya sehingga hutan ini umumnya juga mempunyai jumlah jenis fauna yang rendah. Di hutan

kerangas Desa Lahei (Kalimantan Tengah) dijumpai adanya kura-kura berkulit lunak di wilayah sungai yang mengaliri hutan tersebut. Selain itu, hutan kerangas merupakan salah satu habitat orang utan seperti di Desa Lahei dan di Taman Nasional Tanjung Puting. Fauna yang ditemukan di hutan kerangas Sulawesi adalah 24 jenis kodok, 13 jenis kadal, 13 jenis ular, dan tidak tercatat adanya kura-kura (Anwar *et al.* 1984).

4. Rawa

Hutan rawa tumbuh dan berkembang pada habitat tanah aluvial dengan aerasi buruk karena tergenang terus-menerus ataupun secara periodik. Di sebagian daerah pinggiran sungai, pada musim hujan air sungai meluap dan menggenangi hutan yang ada di sekitarnya sehingga terbentuk hutan rawa tergenang musiman. Tipe ekosistem hutan ini banyak terdapat di Sumatra bagian timur, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Maluku, dan Papua bagian selatan. Vegetasi penyusun ekosistem hutan rawa bervariasi dari yang berupa rerumputan, palem dan pandan, sampai berupa pepohonan menyerupai hutan pamah. Kekayaan jenis pohon dalam ekosistem ini umumnya rendah dengan beberapa jenis di antaranya *Eucalyptus deglupta*, *Shorea uliginosa*, *Campnosperma coriaceum*, dan *Xylopia malayana*.

Di beberapa tempat, hutan rawa juga berkembang di belakang hutan bakau. Umumnya berupa hutan rawa yang tergenang permanen karena adanya pengaruh pasang surut sehingga ada kalanya komponen jenis penyusunnya tercampur jenis bakau seperti nipah (*Nypa fruticans*) bersama sagu (*Metroxylon sagu*) yang mendominasi ekosistem ini.

5. Rawa Gambut

Ekosistem gambut menyimpan karbon terbesar dan berperan dalam penentuan besar kecilnya emisi karbon setiap tahun yang disebabkan oleh konversi lahan dan degradasi hutan sehingga dijadikan percontohan *Reduce Emision from Deforestation and Degradation* (REDD+). Hutan gambut juga penyedia jasa lingkungan, sumber plasma nutfah, habitat biota, karbon, dan siklus air serta produk komoditas lain yang bisa dimanfaatkan. Hutan gambut tropik merupakan ekosistem esensial yang kaya akan flora, fauna, dan mikrob endemik. Tercatat lebih dari 65% penyusun gambut adalah bahan organik. Karena kondisi yang selalu terendam air dalam kondisi anaerob, maka substrat gambut mempunyai pH dan unsur hara yang rendah. Air tanah gambut berwarna kecokelatan, seperti air teh yang disebabkan oleh pencucian bahan organik penyusun substrat gambut. Ketebalan gambut di Indonesia bervariasi dari ketebalan kurang dari satu meter sampai 12 meter, bahkan di beberapa wilayah kedalamannya dapat mencapai lebih dari 20 m. Sebanyak 30% substrat gambut Sumatra mempunyai kedalaman lebih dari 4 meter dan sebagian besar hutan gambut tersebut berada di wilayah Provinsi Riau.

Endapan gambut dibedakan menjadi gambut ombrogen, yakni merupakan gambut yang umum dijumpai di Asia Tenggara. Gambut ombrogen mempunyai permukaan lebih tinggi daripada lahan sekitarnya. Tipe gambut ini umumnya ditemukan dekat pantai di belakang hutan bakau dengan kedalaman sekitar 20 m. Gambut ombrogen sangat luas di wilayah Kalimantan bagian selatan dan Sumatra bagian timur. Tipe gambut topogen terbentuk di cekungan depresi, umumnya ditemukan di belakang gisik-gisik pasir pantai dan di tempat lain yang bebas tidak terhalang. Gambut ini mempunyai lapisan

Foto: Partomihardjo 2008

CONTOH HUTAN GAMBUT
Hutan gambut di Pulau Padang, Riau yang tumbuh mengelilingi rawa dan danau gambut.

EKOSISTEM GAMBUT DI KALIMANTAN

Foto: Rahajoe 2013

Tanah hutan gambut yang terbentuk dari kumpulan pelapukan bahan organik dari daun, ranting, dan batang tumbuhan

Foto: Rahajoe 2013

Hutan gambut dangkal di Bawan, Kab. Pulang Pisau, Kalimantan Tengah

Foto: Rahajoe 2013

Hamparan kawasan hutan gambut Kalimantan Tengah yang sudah dikonversi menjadi lahan pertanian dan hutan tanaman

Foto: Rahajoe 2013

Kanal (pada musim hujan) yang dibuat di hutan gambut Kalampangan, Kalimantan Tengah yang menyebabkan hutan rentan terhadap kebakaran

yang relatif tipis, sekitar 4 m (Whitten *et al.* 1987).

Sekitar 62% dari hutan gambut dunia berada di Indo-Malayan, 80% di antaranya berada di Indonesia, 11% di Malaysia, 6% di Papua Nugini dan sebagian kecil ditemukan di Brunei, Vietnam, Filipina, dan Thailand. Diperkirakan 20,7 juta ha hutan gambut Indonesia tersebar di Sumatra (4,7–9,7 juta ha), Kalimantan (3,1–6,3 juta ha), dan Irian Jaya (8,9 juta ha) (Silvius 1989, Rieley *et al.* 1996, dan Page *et al.* 2006).

Hutan gambut di dataran rendah Kalimantan berusia kurang dari 5.000 tahun yang terbentuk di atas formasi lumpur laut dan pasir, tetapi sebagian di antaranya berusia lebih dari 11.000 tahun (Rieley 1992 dan Page *et al*. 2006). Di Kalimantan tercatat jumlah jenis tumbuhan berbunga dan paku-pakuan penyusun hutan gambut yang mencapai 927 jenis (Anderson 1963). Dari hasil kajian di beberapa lokasi diperoleh informasi bahwa jenis tumbuhan di hutan gambut di daerah Taman Nasional Sebangau di Kalimantan Tengah kurang lebih berjumlah 808 jenis. Di beberapa lokasi lain di Kalimantan, se-perti wilayah Klampangan, Hampangen, dan Bawan tercatat sebanyak 394 jenis dan tumbuhan yang umum dijumpai, antara lain *Buchanania sessilifolia, Calophyllum* cf. *calcicola, C. canum, C. elegans, C. pulcherrimum, Combretocarpus rotundatus, Cratoxylum glaucum, Dyera polyphylla, Garcinia rigida, Gluta rugulosa, Hopea ferruginea, Nephelium ramboutan-ake, Palaquium leiocarpum, Shorea balangeran, S. teysmanniana, Ternstroemia aenura, Tristaniopsis obovata*, dan *Vatica oblongifolia* (Rahajoe 2014, *in prep*).

Selain jenis tumbuhan tersebut, diketahui juga jenis dari beberapa lokasi kawasan lain, seperti *Calophyllum obliquinervium, Pseudosindora palustris, Dactylocladus stenostachys, Gonystylus bancanus, Palaquium cochleariifolium*, dan *Parastemon urophyllus*. Kawasan hutan gambut yang berupa savana didominasi jenis *Dactylocladus stenostachys, Garcinia cuneifolia, Litsea crassifolia*, dan *Parastemon urophyllus.*

Lebih dari 300 jenis tumbuhan di hutan gambut tercatat di Sumatra (Giesen 1991). Jenis-jenis yang umum dijumpai antara lain *Alstonia pneumatophora, Campnosperma auriculatum, Combretocarpus rotundatus, Dyera polyphylla, Eugenia* spp., *Garcinia* spp., *Gonystylus bancanus, Koompassia malaccensis, Palaquium obovatum, P. leiocarpum, Shorea teysmaniana, S. uliginosa* dan *Tetramerista glabra.* Hutan rawa gambut di wilayah Sumatra Selatan umumnya didominasi oleh *Adinandra dumosa, Ploiarium alternifolium, Maasia glauca, Tristaniopsis obovata*, dan *T. whiteana* (Anwar *et al.* 1984). Di Sulawesi, rawa gambut hanya ditemukan di Taman Nasional Rawa Aopa Watumohae.

Hutan gambut di wilayah Papua Nugini tercatat vegetasinya mulai dari vegetasi perairan terbuka sampai hutan rawa gambut (Kartikasari *et al.* 2012). Di Papua, hutan gambut tersebar luas di dataran rendah hingga tinggi. Di wilayah Papua Nugini, hutan gambut tidak berbentuk kubah dan memiliki hubungan yang kompleks dengan tipe hutan gambut lainnya di Malesia Barat (Whitmore 1984). Hutan gambut di Papua Selatan pada kondisi baik tajuk pohonnya mencapai tinggi 30 m, lapisan kanopi hutan biasanya seragam dengan beberapa jenis pohon yang mencuat. Jenis pohon yang umum menyusun lapisan tajuk utamanya adalah *Alstonia scholaris, Campnosperma* spp., *Eugenia* sp., *Intsia* sp., *Nauclea coadunata, Palaquium* spp., dan *Terminalia canaliculata.* Lapisan bawah umumnya terbuka dan terdapat jenis *Alstonia spatulata, Barringtonia* sp., *Diospyros* sp., *Garcinia* spp. dan *Gynotroches axillaris* (Kartikasari *et al.* 2012). Sementara itu, contoh tumbuhan yang umum dijumpai di Sungai Minajerwi di Papua adalah *Campnosperma brevipetiolatum, Cerbera odollam, Dillenia alata, Intsia bijuga, Linociera* sp., *Myristica* sp., *Palaquium* spp., *Stemonorus* sp., *Terminalia complanata, T. Copelandi*, dan *Vatica rassak* (Kartikasari *et al.* 2012). Dijumpai pula tumbuhan dari marga *Artocarpus, Celtis, Octomeles*, dan *Pometia.*

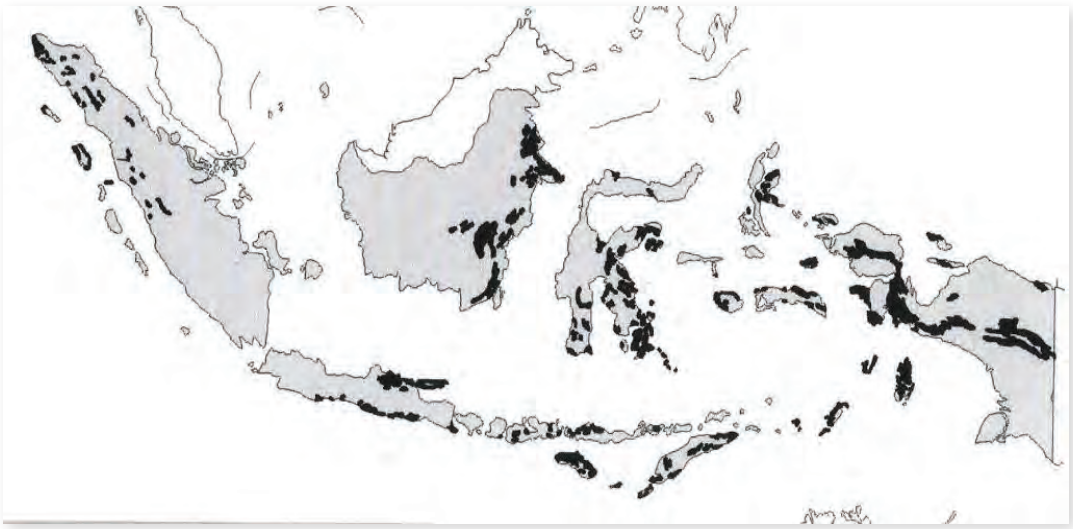
6. Karst dan Gua

Istilah karst merupakan suatu bentang alam yang secara khusus berkembang dari batuan karbonat seperti batu kapur dan tersusun akibat proses karstifikasi dalam skala ruang dan waktu geologi (Samodra 2001). Karst, baik secara individu maupun berkelompok, mempunyai lanskap khas karena terbentuk dan terpengaruh oleh pelarutan air alami dengan tingkat pelarutan lebih tinggi dibanding kawasan batuan lainnya (Samodra 2001). Setiap kawasan karst memiliki bentuk bentang alam yang berbeda. Karst dikenal

sebagai kawasan yang sangat peka terhadap perubahan lingkungan karena bentuk topografinya, memiliki daya dukung rendah, dan sangat sulit untuk diperbaiki apabila rusak (Hadisusanto 2012).

Indonesia memiliki kawasan karst yang cukup luas, yaitu sekitar 154.000 km^2 yang tersebar di hampir semua pulau-pulau Nusantara (Surono *et al.* 1999) (Gambar 14). Namun, hanya beberapa kawasan yang cukup terkenal di dunia, yaitu kawasan karst Maros (Sulawesi Selatan), Bukit Barisan (Sumatra), Gunungsewu (DIY–Jawa Tengah–Jawa Timur), Sangkulirang (Kalimantan Timur), dan Lorentz (Papua).

Karst yang ada di permukaan disebut eksokarst dan di dalam perut bumi dinamakan endokarst (Suhardjono *et al.* 2012), dan gua merupakan bagian dari endokarst.



Sumber: Surono *et al.* 1999

Gambar 14. Peta Sebaran Kawasan Karst di Indonesia

Tabel 5. Perbandingan Keadaan Lingkungan di Luar dan di Dalam Gua

Komponen	Eksokarst (luar)	Endokarst (dalam)
Cahaya	Penuh	Ada zonasi walau tidak secara nyata terlihat dengan mata. Remang → gelap → dalam→stagnan
Kelembapan	Fluktuasi	Hampir konstan atau stabil
Suhu	Fluktuasi	Hampir konstan atau stabil
Sumber pakan	Melimpah	Terbatas → harus efisien, melimpah terbatas pada timbunan guano
Guano	Tidak ada	Ada, merupakan ekosistem spesifik, pada gua-gua tertentu sangat melimpah, dapat dipanen untuk pupuk. Tempat hidup takson-takson tertentu yang sudah beradaptasi.
Vegetasi	Melimpah	Hampir tidak ada, kecuali di dekat mulut dan jendela gua (gua horizontal); sepanjang dinding gua (gua vertikal)
Habitat	Variasi tinggi	Variasi rendah
Keanekaragaman fauna	Semua grup, Rendah-tinggi	Semua takson ada, tetapi terbatas pada jenis-jenis yang sudah mampu beradaptasi terhadap ekosistem yang khas
Populasi fauna	Melimpah	Terbatas, dapat melimpah untuk kondisi gua tertentu
Reproduksi	Normal-tinggi	Reproduksi rendah, masa hidup lebih panjang

Sumber: Suhardjono *et al.* 2012

Foto: Rahmadi 2007

Gambar 15. Gua Kalepale di Pulau Waigeo, Papua dengan ornamen gua yang sangat indah

Keduanya memiliki keadaan lingkungan yang berbeda (Tabel 5) tetapi saling terkait.

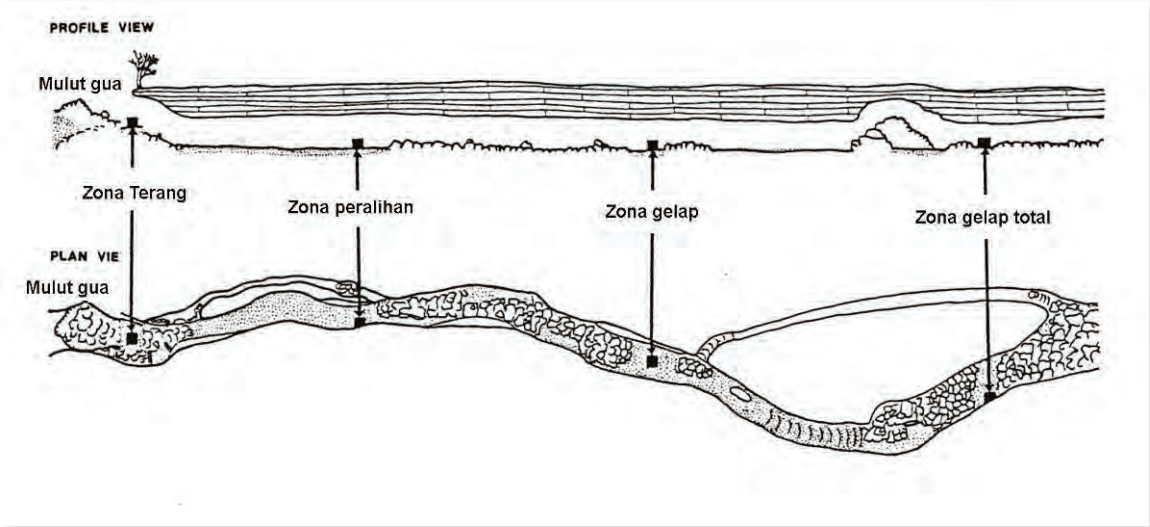
Eksokarst

Pada eksokarst (lapisan batuan kapur permukaan) atau disebut juga ekosistem batu kapur (Kartawinata 2006) dapat dijumpai vegetasi dengan angka keanekaragaman yang kurang dibandingkan tipe ekosistem terestrial lainnya. Keadaan biota eksokarst, terutama vegetasi, berpengaruh terhadap ekosistem di dalam perut bumi. Sejauh ini data vegetasi kawasan karst yang tersedia secara rinci baru dari Karst Maros-Pangkep (Ahmad 2011), Gunung Sewu (Hadisusanto 2012), Nusakambangan (Partomihardjo *et al.*, 2001; Partomihardjo & Prawiroatmodjo 2003), dan Gombong Selatan (Riswan *et al.* 2006). Sebaliknya, data fauna eksokarst cukup banyak tersedia.

Endokarst

Gua merupakan bagian dari endokarst dan setiap gua memiliki ornamen yang berbeda yang pada umumnya adalah mengagumkan (Gambar 15). Secara garis besar sistem perguaan ada dua macam, yaitu vertikal dan horizontal. Walaupun tidak jarang di dalam satu gua terdapat lorong kombinasi, baik yang vertikal, horizontal, lurus, berkelok-kelok atau bahkan bertingkat. Morfologi gua menjadi faktor utama dan sangat menentukan ekosistem di dalam gua. Oleh karena itu, gua dikenal memiliki ekosistem spesifik dan tertutup yang sangat berbeda dengan tipe ekosistem lainnya. Ekosistem di dalam gua secara garis besar dapat dibedakan menjadi empat zona (Gambar 16) walaupun batas antar zona tidaklah mutlak terlihat, yaitu.

1) Zona terang, dapat dijumpai fauna yang cukup bervariasi dengan populasi cukup tinggi dan masih banyak dijumpai jenis dari luar gua.
2) Zona peralihan, sejumlah jenis umum masih dapat dijumpai dan sebagian masih berhubungan dengan dunia luar gua.
3) Zona gelap, dihuni oleh jenis yang sudah beradaptasi terhadap lingkungan gua dan tidak pernah berhubungan dengan dunia di luar gua.
4) Zona gelap total, zona stagnan ini memiliki kelembapan 100%, hanya sedikit terjadi perubahan, tetapi dapat mempunyai



Sumber: Modifikasi dari Howarth 1980

Gambar 16. Profil gua menunjukkan pembagian berbagai tipe zona gua

konsentrasi CO_2 tinggi. Organisme yang hidup di sini benar-benar sudah teradaptasi dengan lingkungan yang ada.

Tidak semua gua selalu memiliki keempat zona tersebut yang sangat bergantung pada keadaan dan bentuk guanya (Gambar 16). Karena keadaan tersebut maka tingkat endemisitas dan kerentanan terhadap perubahan lingkungan eksokarst dan endokarst bagi fauna gua menjadi tinggi. Kemampuan binatang beradaptasi terhadap lingkungan gua berbeda satu dengan lainnya. Berdasarkan kemampuan tersebut, maka binatang gua dibedakan atas empat kategori ekologi (Vermeulen & Whitten 1999), yaitu.

1) Troglobit (yang terestrial)/stigobit atau stigobion (yang akuatik). Jenis obligat gua, harus hidup di dalam gua dan tidak dapat hidup di luar gua. Kadang-kadang troglobit juga disebut troglobion.
2) Troglofil (yang terestrial)/stigofil (yang akuatik). Jenis fakultatif yang hidup dan melakukan reproduksi di dalam gua, tetapi juga ditemukan di mikrohabitat eksokarst yang sama gelap dan lembapnya dengan endokarst.
3) Trogloksen (yang terestrial)/stigosen (yang akuatik). Jenis yang hidup secara teratur di dalam gua untuk berlindung dan kembali ke permukaan untuk mencari pakan.
4) Aksidental (yang terestrial dan atau akuatik). Jenis yang berkunjung ke gua tetapi tidak dapat hidup di dalam gua.

Foto: Rahmadi 2004

Gambar 17. Kecoak gua raksasa, *Miroblatta baai*, endemik di Karst Sangkulirang, Kalimantan Timur

Pentingnya Biota Karst

Sesuai dengan kekhasan ekosistem pada kawasan karst dan juga biota yang mampu bertahan hidup pada kondisi yang spesifik tersebut maka perlu dikaji pentingnya kehadiran jenis-jenis biota karst. Secara garis besar, biota karst dapat berperan penting sebagai penyerbuk, pemencar biji, perombak, pemangsa, dan mangsa serta penyeimbang ekosistem. Selain itu, keberadaan biota endokarst juga dapat berfungsi untuk merunut sistem air bawah tanah dan mengungkap kehidupan prasejarah.

Foto: Rahmadi 2007

Gambar 18. Koloni kelelawar pemakan buah, *Rousettus amplexicaudatus* di mulut Gua Ngerong, Tuban Jawa Timur

Kawasan Karst dan Biotanya

Kawasan karst Indonesia yang luas belum diimbangi dengan informasi tentang biota terutama kehidupan di dalam gua. Dari beberapa penelitian melaporkan bahwa kekhasan ekosistem karst memberikan tingkat keanekaragaman dan endemisitas biota menjadi tinggi. Apalagi biota gua yang memiliki sebaran sangat terbatas.

Data vegetasi kawasan karst belum banyak, yang sudah tercatat baru dari Maros (Ahmad 2011), Gunungsewu (Hadisusanto 2012) dan Nusakambangan (Partomihardjo *et al.* 2001). Padahal beberapa jenis tumbuhan memegang peranan penting pada ekosistem karst, contohnya *Ficus* karena merupakan sumber pakan bagi 1.274 jenis burung dan mamalia (523 marga atau 92 suku). Karst Maros memiliki keanekaragaman *Ficus* yang sangat tinggi mencapai 45 jenis atau 55% dari jenis *Ficus* Sulawesi (Rasplus dalam Deharveng *et al.* 2007) dan dari penelitiannya dijumpai tidak kurang 100 jenis tawon fig buah *Ficus*. Salah satu alasan Sangkulirang mendapat perhatian di antara 10 kawasan karst dunia yang perlu dikonservasi karena memiliki keanekaragaman dan endemisitas tinggi terutama untuk tumbuhan (350 jenis), ikan, dan arthropoda (Salas *et al.* 2005).

Pada umumnya setiap kawasan karst memiliki biota yang spesifik, contohnya sejenis kecoa raksasa (*Miroblatta baai*) yang berukuran panjang sekitar 10 cm dari Sangkulirang (Gambar 17). Di samping itu, pada kawasan karst juga terdapat binatang yang dilindungi undang-undang, seperti ikan jeler (*Nemacheilus fasciatus*) dan wader gua (*Puntius microps)* di Gunungsewu (Hadiaty 2012). Sementara itu, kelelawar *Nycteris javanicus* sudah masuk ke dalam jenis dengan status *vurnerable* dalam *Red list* IUCN (Prakarsa & Riswandi 2012). Potensi fauna gua seperti kelelawar dengan populasi sangat tinggi (Gambar 18) belum diteliti perannya dalam ekosistem. Baru ada dua jenis kepiting dari Waigeo, yaitu *Karstarma ardea* dan *Karstarma waigeo* yang dilaporkan (Gambar 19). Selain itu, juga dilaporkan adanya kalacemeti endemik Waigeo, *Sarax monodenticulatus*, yang hidup di bawah batuan (Rahmadi & Kojima 2010).

Foto: Rahmadi 2007

Gambar 19. Kepiting gua dari Waigeo hasil ekpedisi Widya Nusantara LIPI 2007. *Karstarma ardea* (atas). *Charinus* (bawah)

7. Savana

Savana merupakan suatu penampilan fisiognomi tropik yang dicirikan oleh kehadiran pepohonan dan semak belukar dalam berbagai pola dengan kerapatan rendah serta berasosiasi dengan berbagai jenis tumbuhan bawah yang didominasi oleh rerumputan (Richards 1996). Pendapat lain menyebutkan bahwa savana merupakan tipe vegetasi peralihan antara padang rumput dan hutan yang berkembang di daerah tropik hingga sub-tropik (Holmes 1979). Kehadiran pohon dalam ekosistem savana sangat jarang, bahkan di beberapa tempat terpencar-pencar membentuk mozaik-mozaik kanopi yang dilingkupi bentangan rerumputan di tempat terbuka. Di beberapa lokasi, perkembangan savana sering menyatu dengan hutan luruh dan padang rumput yang tidak ada tegakan pohon sehingga sulit mencari batas yang jelas di antara tipe vegetasi tersebut.

Pohon dalam ekosistem savana umumnya kecil dan pendek, tinggi sekitar 10 m dengan diameter batang tidak lebih dari 40 cm (Gambar 20 dan Gambar 21). Fisiognomi pohon dalam komunitas savana sangat berbeda dengan pohon pada komunitas hutan sekalipun dari jenis yang sama. Tajuk pohon yang tumbuh di savana cenderung melebar dengan sistem percabangan horizontal dan batang yang bengkok karena beradaptasi terhadap lingkungan yang terbuka. Di beberapa lokasi, pohon tumbuh cukup tinggi, dikelilingi pohon-pohon kecil dan semak belukar serta membentuk suatu tegakan, seperti kebun buah yang diberakan. Beberapa jenis pohon yang umum dijumpai adalah kesambi (*Schleichera oleosa*), asam jawa (*Tamarindus indica*), malaka (*Phyllanthus emblica*), talok (*Grewia eriocarpa*), pilang (*Acacia leucophloea*), klampis (*Acacia tomentosa*), maja (*Aegle marmelos*), dan nimba (*Azadirachta indica*). Jenis pohon dari suku Palmae yang juga mencirikan vegetasi savana adalah gebang (*Corypha utan*) dan lontar (*Borassus flabellifer*).

Fisiognomi ekosistem savana sangat berbeda dengan komunitas hutan, demikian juga dengan padang rumput. Vegetasi savana memiliki keanekaragaman jenis yang rendah dan terdiri atas jenis-jenis toleran api. Berdasarkan spektrum bentuk hidup, vegetasi savana umumnya tersusun dari kelompok hemi-kriptofita dan geofita serta banyak juga therofita, tetapi sangat sedikit kelompok fanerofita. Kelompok fanerofita umumnya terdiri atas jenis pohon yang tahan api sehingga komunitas savana dikenal sebagai vegetasi klimaks api (Richards 1996). Bambu duri (*Bambusa blumeana*) adalah kelompok hemikriptofita yang umum tumbuh di ekosistem savana di samping jenis rerumputan seperti rumput merakan (*Themeda arguens* dan *T. gigantea*), ekor tikus (*Pennisetum purpureum*), dan grintingan (*Zoysia matrella*).

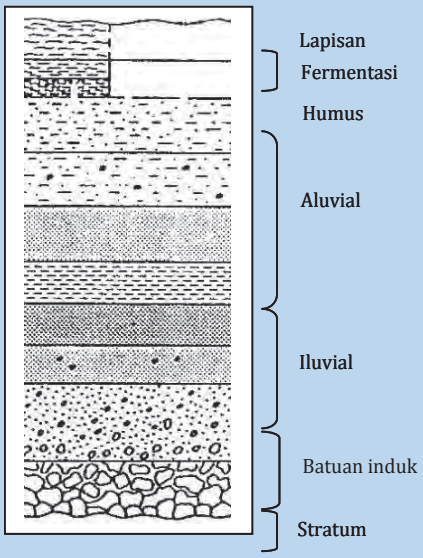
Pada dasarnya savana tidak terbentuk secara alami di kawasan tropik mengingat wilayah ini memiliki curah hujan cukup tinggi meskipun tidak merata sepanjang tahun. Savana umumnya terbentuk setelah kawasan hutan mengalami kerusakan,

Foto: Partomihardjo 2012

Gambar 20. Savana di Nusa Tenggara Barat dengan Tegakan Widoro (*Zyzypus jujuba*)

EKOSISTEM BAWAH PERMUKAAN TANAH/*BELOW GROUND*

Ekosistem tanah jarang disinggung dalam pembicaraan, namun sejak kehati tanah masuk ke dalam Convention on Biological Diversity (CBD) maka perhatian terhadap biota tanah mulai meningkat. Begitu juga dengan kesehatan tanah yang mulai mendapat perhatian serius. Bahkan dalam uji lapangan tumbuhan percobaan, misalnya uji padi transgenik dan jagung transgenik, diperlukan pemantauan terhadap keamanan hayati tanah. Bahkan penggunaan pupuk hayati, baik yang berasal dari kompos binatang maupun serasah mulai banyak dilakukan. Pupuk hayati ini hanya dapat dibuat dengan menggunakan jasa dari mikrob tanah. Bahan organik dapat terombak menjadi tanah hanya karena jasa biota tanah.



Biota tanah pada umumnya banyak dijumpai pada lapisan fermentasi dan humus, terutama untuk binatang tanah. Ini dikarenakan pada kedua lapisan tersebut terkumpul banyak sumber pakan berupa bahan organik.

Serasah segar dimakan oleh binatang seperti Arthropoda. Arthropoda menghasilkan sisa makanan berupa remahan dan juga kotoran. Remahan dan kotorannya dimanfaatkan oleh mikrob dan terjadilah proses fermentasi yang kemudian terbentuk humus. Pada lapisan ini terdapat banyak mikrob.

Keanekaragaman binatang tanah belum banyak diungkapkan, kecuali cacing tanah. Pada kenyataan di lapangan, cacing asli Indonesia sudah sulit ditemukan. Persebaran cacing tanah sudah didominasi oleh jenis introduksi dari kelompok *Polyscolex*. Padahal cacing ini memegang peranan penting dalam perombakan bahan organik dan memiliki nilai ekonomi tinggi. Cacing dapat diperdagangkan sebagai binatang penyubur tanah. Salah satu penyebab penurunan angka keanekaragaman fauna tanah adalah kerusakan lahan akibat kegiatan manusia.

Gambar 21. Padang Savana di Manurana, Sumba

terutama karena kebakaran. Proses terjadinya savana cukup lama, tetapi dapat lebih cepat di daerah beriklim kering (Backer & van Den Brink 1968, van Steenis 2006). Oleh karena itu, pembentukan savana daerah tropik dikenal akibat faktor aktivitas manusia (antropogenik). Proses pembukaan hutan dan praktik perladangan dan pertanian yang berlangsung cukup lama dianggap sebagai penyebab utama terbentuknya savana. Walaupun demikian, savana juga dapat terjadi akibat tekanan satwa mamalia besar, terutama pemakan tumbuhan (herbivor) seperti rusa dan banteng yang terlalu padat.

Savana dapat berkembang, baik di daerah bercurah hujan tinggi (curah hujan > 200 mm/bulan) maupun di daerah beriklim kering (curah hujan < 100 mm/bulan). Pada daerah bercurah hujan tinggi savana terbentuk di wilayah pegunungan pada ketinggian di atas 1.500 m (van Steenis 2006). Pada daerah beriklim kering seperti Nusa Tenggara dan Jawa bagian timur savana terbentuk sejak dari daerah pesisir hingga pegunungan. Di Indonesia ekosistem savana dapat dijumpai hampir di seluruh wilayah Nusantara, di antaranya terdapat di Taman Nasional Ujung Kulon, Gunung Gede-Pangrango, Pangandaran, Dieng, Bromo-Tengger, Baluran, Alas Purwo, Bali Barat, Komodo, dan Lorentz. Luas savana termasuk padang rumput mencapai 10.275.300 ha atau mencapai 5,27% dari daratan Indonesia (Konphalindo 1994). Meskipun demikian, data mengenai luasan dan sebaran ekosistem savana ini secara nasional belum tersedia. Diduga luas ekosistem savana di Indonesia akan terus bertambah sejalan dengan kerusakan komunitas hutan alam.

2.1.4.2 Ekosistem Pegunungan

Indonesia memiliki wilayah pegunungan yang cukup luas dengan puncak gunung yang aktif ataupun tidak, tetapi hanya sedikit yang mencapai ketinggian di atas 3.500 m. Pegunungan yang mencapai ketinggian di atas 4.000 m hanya terdapat di Papua, yaitu Pegunungan Lorentz. Sebagai contoh, di Pulau Jawa, hanya sekitar 7% total luas pulau yang ketinggiannya antara 1.000–2.000 m dan tidak lebih dari 0,7% yang mencapai ketinggian di atas 2.000 m (van Steenis *et al.* 2006). Perbedaan ketinggian tempat menyebabkan terjadinya perbedaan karakteristik tanah dan iklim setempat, meliputi suhu, presipitasi, kelembapan udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari (Richards 1996). Perbedaan tersebut menyebabkan terjadinya perubahan komunitas tumbuhan yang pada akhirnya akan memengaruhi jenis binatang yang hidup dalam komunitas tersebut. Nilai rata-rata perbedaan iklim bervariasi dari satu gunung dengan gunung yang lain. Gunung yang lebih rendah umumnya memiliki rentang mintakat yang lebih sempit daripada gunung yang tinggi dan dikenal dengan istilah *Massenerhebung effect* atau pemadatan efek ketinggian tempat (Whitmore 1984 dan Richard 1996). Secara garis besar, pemintakatan ekosistem pegunungan dapat dibagi menjadi dua, yaitu pegunungan bawah dan pegunungan atas. Mintakat di atas ketinggian 3.500 m dpl dikelompokkan dalam ekosistem alpin dan sub-alpin karena karakteristiknya yang berbeda. Tipe hutan ini juga ditandai oleh munculnya jenis lumut epifit, *Usnea barbata* pada kanopi hutannya.

1. Hutan Pegunungan Bawah

Menurut Ashton (2003), batas antara hutan pamah dan hutan pegunungan bawah dapat ditemukan pada ketinggian 800–1.300 m dpl, sedangkan menurut van Steenis & Kruseman (1950) mulai 1.000 hingga 1.500 m dpl. Batas tersebut ditandai dengan bergantinya komunitas hutan yang didominasi oleh pohon tinggi, misalnya suku Fagaceae dan Lauraceae. Liana dan epifit suku Leguminosae, Rubiaceae, dan Orchidaceae masih dapat ditemukan di hutan pegunungan bawah. Pegunungan bawah juga dilaporkan memiliki tumbuhan bawah yang kaya jenis.

Hutan pegunungan bawah terkadang diberi nama mintakat Fago-Lauraceous karena didominasi oleh suku Fagaceae, seperti *Lithocarpus*, *Quercus* dan *Castanopsis*, dan suku Lauraceae, seperti *Litsea*, *Neolitsea*, dan *Phoebe*. Suku tumbuhan lain yang dapat ditemukan menyusun komunitas hutan pegunungan bawah adalah Annonaceae, Apocynaceae, Araceae, Asclepiadaceae, Burmaniaceae, Connaraceae, Cucurbitaceae, Menispermaceae, Euphorbiaceae, Myristicaceae, Palmae, Papilionaceae, Rhamnaceae, Sapindaceae, Thymelaeaceae, Vitaceae, dan Zingiberaceae. Jenis tumbuhan yang

menyusun komunitas hutan pegunungan bawah berbeda antara satu pulau dengan pulau yang lain.

2. Hutan Pegunungan Atas

Hutan pegunungan atas biasanya memiliki satu lapisan kanopi sehingga dengan mudah dapat dibedakan dengan hutan pegunungan bawah. Tajuk hutan yang rendah, batang lebih ramping, berkurangnya liana dan melimpahnya epifit, lumut, dan paku merupakan karakteristik hutan pegunungan atas (Ashton 2003). Jumlah jenis tumbuhan di tipe hutan ini lebih sedikit dibandingkan dengan tipe hutan di bawahnya. Jenis-jenis tumbuhan yang umum ditemukan di hutan ini adalah anggota suku Ericaceae, seperti *Rhododendron, Vaccinium,* dan *Gaultheria* serta jenis lain seperti *Aristatus piperata* dan *Phyllocladus hypophyllus* (Gambar 22).

Dalam ekosistem pegunungan atas kadang-kadang dijumpai mozaik rawa lumut/

Foto: Keim 2011

Foto: Widjaja 2011

Gambar 22. *Rhodendron* sp. (kiri) dan *Vaccinium* sp. (kanan) jenis tumbuhan yang dapat ditemukan di ekosistem pegunungan atas

PROSES SUKSESI

Suksesi adalah proses perubahan struktur dan komposisi jenis tumbuhan dalam kurun waktu tertentu. Suksesi primer adalah proses terbentuknya suatu tipe vegetasi pada habitat steril yang berkembang terus sampai terbentuknya vegetasi yang stabil. Contoh suksesi ini adalah proses terbentuknya vegetasi pada delta sungai, pulau vulkanik, dan tanah longsor. Suksesi sekunder merupakan proses terbentuknya kembali (*recovery*) suatu vegetasi yang rusak karena bencana alam ataupun tindakan manusia. Contoh suksesi ini adalah terbentuknya kembali suatu vegetasi setelah terjadinya kebakaran besar ataupun setelah praktik perladangan berpindah.

Foto: Partomihardjo 2011

Dua foto memperlihatkan proses suksesi primer yang terjadi di Pulau Anak Krakatau. Pohon yang terlihat adalah cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) dan perdu kecil yang nampak adalah *Melastoma malabatricum*.

blog. Rawa lumut adalah salah satu tipe lahan basah yang paling khas daerah pegunungan atas Indonesia, yang dicirikan oleh endapan "spons gambut", air asam, dan lantai ditutupi oleh lumut *Sphagnum* yang tebal sehingga menyerupai karpet. Rawa lumut kerap disebut sebagai rawa dataran tinggi. Rawa lumut menerima semua atau sebagian besar air dari air hujan, air permukaan, air tanah, dan aliran sungai. Akibatnya, rawa menjadi rendah nutrisi yang dibutuhkan untuk perkembangan tumbuhan. Dengan meningkatnya kondisi masam maka terbentuklah lumut gambut. *Sphagnum* membentuk rawa dataran tinggi (*bogs*) dengan cara menahan air dan menciptakan kondisi asam. *Sphagnum* sendiri mungkin mengandung air hingga 70%.

Ada dua cara utama terkait perkembangan rawa lumut:

a) Rawa terbentuk dari pertumbuhan lumut *Sphagnum* secara perlahan-lahan pada danau atau kolam yang mengering.
b) Rawa terbentuk oleh adanya hamparan lumut *Sphagnum* pada lahan kering yang mampu menahan air (*paludification*).

Adanya karakteristik fisik dan kimia yang unik dalam kawasan rawa pegunungan mengakibatkan adanya adaptasi khusus tumbuhan dan/atau hewan seperti tumbuhan karnivora dalam menyesuaikan diri dengan kondisi hara rendah, terendam air, dan air masam. Rawa lumut dapat dijumpai, misalnya di Mekongga, Sulawesi Tenggara (Gambar 23).

3. Hutan Sub-Alpin

Hutan di zona sub-alpin terdapat pada ketinggian 2.400 hingga 3.000 m dpl dengan kondisi habitat yang miskin hara dan jenis tanah berbatu (litosol). Kondisi habitat yang demikian tampak berpengaruh terhadap keberadaan vegetasi yang ada, yakni tipe hutan ini banyak ditumbuhi oleh pohon-pohon berukuran kecil (kerdil) dan umumnya dengan tinggi pohon hanya mencapai sekitar 15 m sehingga hanya terbentuk 2 lapisan kanopi hutan. Begitu pula dengan lantai hutannya, jarang ditumbuhi oleh jenis-jenis tumbuhan herba. Berkaitan dengan kondisi yang ekstrem tersebut maka hanya ditemukan sedikit jenis tumbuhan yang telah tumbuh dan bertahan, yaitu jenis-jenis

Foto: Widjaja 2009

Gambar 23. Rawa lumut pada ketinggian di atas 2.000 m di Mekongga, Sulawesi Tenggara

Foto: Rahajoe 2012

Gambar 24. "Edelweiss" (*Anaphalis* sp.), jenis tumbuhan yang dapat ditemukan di ekosistem sub-alpin

yang mempunyai daya adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem.

Beberapa jenis pohon yang mendominasi di hutan sub-alpin Gede Pangrango adalah cantigi (*Vaccinium varingiaefolium*) dari suku Ericaceae, yang dapat dengan mudah dijumpai di sepanjang jalan setapak menuju kawah. Keberadaan jenis ini sangat menarik karena daun mudanya mempunyai warna menarik, yaitu merah bersinar sehingga memperindah hutan sub-alpin. Tumbuhan lain yang dapat ditemukan adalah *Anaphalis* sp. (Gambar 24). Serupa dengan di Jawa Barat, pohon-pohon di hutan sub-alpin Papua juga hanya mencapai tinggi antara 10–15 m. Beberapa jenis pohon yang banyak dijumpai di daerah ini di antaranya adalah *Rapanea* sp., *Dacrycarpus compactus*, dan *Papuacedrus papuan*.

4. Hutan Alpin

Hutan alpin di Indonesia terdapat di Pegunungan Jayawijaya, Papua (Gambar 25) dengan ketinggian 4.100 sampai 4.600 m dpl. Vegetasi pada tipe ini merupakan komunitas jenis-jenis berkategori semak dengan tipe vegetasi padang rumput, kerangas, dan tundra.

Vegetasi padang rumput pendek (pada ketinggian 4.200 m dpl) didominasi oleh rumput-rumputan jenis *Agrostis infirma*, *Calamagrostis brassii*, *Anthoxanthum horsfieldii* var. *angustum*, *Rytidosperma oreoboloides*, dan *Poa callosa*. Lantai hutan tertutup lumut, terutama *Racomitrium crispulum*, *Frullania reimersii*, *Cetraria* spp., dan *Thamnomalia tumidicaulis*. Semak yang paling banyak ditemukan adalah *Styphelia suaveolens*, *Tetramolopium ericoides*, dan *Rhododendron correoides*.

Vegetasi semak kerangas kerdil menempati puncak punggung gunung dan lereng pada ketinggian lebih dari 4.200 m dpl yang dipengaruhi pergerakan es neoglasial. Komunitas ini terdiri atas hamparan semak hingga setebal 200 cm yang umumnya terdiri atas *Styphelia suaveolens*, *Tetramolopium klosii*, *T. piloso-villosum*, kadang kala *Coprosma brassii*, semak *Senecio* sp., dan *Rytidosperma oreoboloides*.

Tundra alpin tersebar pada ketinggian 4.230 hingga 4.600 m dpl dan telah tersingkap oleh adanya lelehan es secara terus-menerus selama 30 tahun, ditumbuhi lumut dan beberapa jenis herba yang mampu tumbuh di tanah mineral alkalin. Jenis-jenis lumut utama di antaranya adalah *Breutelia aristivolia*, *Epilobium detznerianum*, *Gnaphalium breviscapum*, *Plantago aundensis*, dan *Ranunculus* spp. (Kartikasari *et al.* 2012).

Foto: Rahajoe 2012

Gambar 25. Ekosistem Alpin di Papua

2.2 Ekosistem Buatan

Ekosistem buatan diciptakan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Ekosistem buatan mendapatkan subsidi energi dari luar, tanaman, atau hewan peliharaan yang didominasi pengaruh manusia dan memiliki keanekaragaman rendah (Hutagalung 2010).

Pembagian kedua kelompok umum ekosistem (alami dan buatan) dilakukan sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 29 Tahun 2009 tentang Pedoman Konservasi Kehati di Daerah. Contoh ekosistem buatan adalah hutan tanaman (seperti jati dan pinus), tegalan, pekarangan, sawah, perkebunan, dan agroekosistem.

2.2.1 Tegalan

Tegalan adalah areal lahan kering yang biasanya ditanami palawija dan hortikultura (Sukojo 2003). Biasanya usaha tani di lahan kering tegalan ini adalah pola tanam tumpangsari intensif dengan menggunakan pupuk kimia dan pestisida (Rustinsyah 2010). Lahan tegalan saat ini diketahui merupakan salah satu penyebab erosi tanah utama, khususnya yang tidak dikelola dengan baik (Dariah 2009).

Perubahan pola tanam di area tegalan terus terjadi sesuai dengan keinginan petani. Pola tanam sangat beragam sesuai dengan kemampuan dan pertimbangan rasional petani. Oleh karena itu, tanaman dalam satu lahan pertanian tegalan pada musim hujan hingga menjelang musim kering beragam. Perubahan-perubahan pola tanam dipengaruhi oleh ketersediaan modal, prediksi akan naiknya harga jual hasil pertanian pada waktu tertentu, dan keinginan serta pengetahuan petani dalam bercocok tanam. Pola tanam tumpangsari mempunyai fungsi ekologi karena mengurangi risiko kegagalan akibat serangan hama penyakit terhadap satu jenis tanaman tertentu atau lingkungan yang kurang baik (Rustinsyah 2010).

2.2.2 Pekarangan

Pekarangan adalah kebun yang berkembang di sekitar rumah dengan batas tertentu dan ditanami beranekaragam tanaman pangan, obat-obatan, tanaman hias, pohon untuk bahan bangunan, dan pohon penghasil kayu bakar guna memenuhi kebutuhan sehari-hari. Ternak seperti sapi, kerbau, kambing, domba, ayam, dan ikan merupakan komponen sumber daya hayati pekarangan. Pekarangan sering dinamakan juga lumbung pangan karena dari pekarangan itu sebuah keluarga dapat menggantungkan kebutuhan pangannya sehari-hari. Bahkan energi untuk memasak berupa kayu bakar pun diperoleh dari pekarangan.

2.2.3 Persawahan

Pada dasarnya, yang menjadi tanaman utama di sawah adalah padi. Persawahan juga dikenal dari banyak jenisnya yang dibedakan atas dasar pengairan atau cara bertanam padi dengan tanaman semusim lainnya (Sastrapradja & Widjaja 2010). Beberapa macam sawah yang dikenal adalah sebagai berikut.

Sawah irigasi

Sawah irigasi pengairannya bergantung pada pasokan air yang telah diatur melalui saluran irigasi yang sumbernya berasal dari pegunungan atau bendungan atau air yang mengalir karena gravitasi. Di daerah datar pengaliran air adakalanya harus dibantu dengan alat seperti pompa air dan kincir.

Sawah tadah hujan

Sawah tadah hujan adalah sawah yang pengairannya mengandalkan air hujan. Sawah tadah hujan hanya bisa ditanami pada waktu musim hujan saja. Tipe sawah ini dijumpai di daerah yang sistem irigasinya belum dikembangkan.

Sawah surjan

Di daerah yang sering dilanda banjir, biasanya dikembangkan sawah surjan. Lahan ditata menjadi guludan-guludan dan parit-parit lebar. Pada guludan ditanam palawija, seperti kacang tanah, jagung, kedelai, sedangkan padi ditanam di parit-paritnya. Nama surjan diberikan karena deretan palawija dan padi yang membentuk pola berbeda-berbeda sehingga menyerupai garis-garis pada baju surjan yang terbuat dari tenun lurik.

Sawah rawa

Sawah ini dikembangkan di lahan datar yang tergenang air secara permanen karena drainase yang tidak baik dan sumber air adalah curah hujan.

Sawah pasang surut

Sawah pasang surut diairi oleh air sungai secara alami dari pasang harian air laut. Tipe

sawah ini banyak dikembangkan di daerah rawa gambut sekitar sungai-sungai besar di Kalimantan dan Sumatra.

Ada beberapa cara bertanam yang diterapkan di berbagai tipe sawah. Sistem irigasi memungkinkan petani untuk menanami sawahnya terus-menerus dengan tanaman padi. Artinya, sawah hanya diistirahatkan (bera) sebentar sesudah panen, lalu segera ditanami kembali. Di sawah tadah hujan, biasanya padi ditumpang-gilirkan dengan tanaman semusim yang lain yang tidak memerlukan banyak air seperti padi. Tanaman lain juga dapat ditumpang-sarikan dengan padi pada waktu yang bersamaan. Di sawah surjan, misalnya, padi ditanam di bagian yang rendah dengan air menggenang, sedangkan cabai, tomat, jagung ditanam di bagian yang tinggi sehingga dari jauh tampak tanaman padi dan nonpadi berderet-deret tumbuhnya.

2.2.4 Kebun Campuran

Kebun campuran merupakan tipe ekosistem buatan berupa kebun, talun, perkebunan, dan ladang.

Kebun

Kebun merupakan agro-ekosistem yang umum dikembangkan di daerah beriklim kering walaupun ada juga yang dikembangkan di atas lahan rawa. Komponen tumbuhannya terdiri atas tumbuhan pangan semusim, tahunan, pohon, baik yang ditanam secara monokultur maupun campuran. Kebun yang ditanami padi dikenal sebagai huma. Kebun yang luasnya agak besar contohnya adalah kebun jagung, ketela rambat, dan ketela pohon. Di dalam kebun obat biasanya ditanam berbagai jenis tumbuhan obat yang penanamannya sering tidak diatur.

Talun

Talun merupakan tipe ekosistem buatan yang menyerupai pekarangan. Namun, di dalam talun tidak ada rumah. Jenis tanaman yang ada sebenarnya sama dengan pekarangan, tetapi lebih banyak. Jenis tanaman umumnya adalah sebagai penghasil bahan bangunan dan kayu bakar.

Perkebunan

Perkebunan adalah agro-ekosistem yang komponennya terdiri atas komoditas tanaman komersial yang umumnya dikembangkan secara monokultur dalam skala besar. Contohnya adalah perkebunan karet, kelapa, dan kelapa sawit.

Ladang berpindah

Ladang berpindah adalah agro-ekosistem yang komponen tumbuhannya berupa tanaman pangan dan sebagian besar dikembangkan di lahan kering melalui proses penebangan dan pembakaran. Pembakaran merupakan cara untuk membersihkan lahan agar siap tanam. Jenis-jenis tanaman yang dibudidayakan di ladang ini adalah tanaman pangan menahun untuk jangka waktu 2–3 tahun dengan pengelolaan yang minimum. Ladang kemudian diberakan selama 5–20 tahun, bergantung pada kesuburan tanahnya. Selama waktu bera, peladang mengembangkan ladang di tempat lain. Waktu bera yang panjang memungkinkan lahan menjadi hutan kembali sehingga kesuburan tanah pun kembali pulih.

Di bidang kehutanan, perkebunan budi daya utamanya adalah jenis-jenis kayu. Untuk membedakannya dengan agro-ekosistem yang tanaman utamanya adalah tanaman pangan maka di bidang kehutanan sistem pertanamannya dinamakan agro-forestri. Menurut de Foresta *et al.* (2000), konsep pengembangan kebun petani adalah berdasarkan kebutuhan akan jenis-jenis serbaguna yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Konsep ini pada kenyataannya dijumpai adanya penanaman jenis-jenis yang diperlukan, tetapi tidak bisa tumbuh di kebunnya sehingga para ilmuwan mengembangkan konsep ini lebih lanjut, yaitu dengan menggabungkan ilmu kehutanan dan agronomi.

Seperti juga tingkatan pada pengembangan agro-ekosistem, dalam kelompok agro-forestri ada yang sederhana, ada pula yang kompleks. Pepohonan penghasil kayu dan tanaman pangan merupakan unsur utama pada agro-forestri yang sederhana. Sebaliknya, agro-forestri yang kompleks memadukan sejumlah besar pepohonan, perdu, tanaman musiman atau rumput. Dengan demikian, baik fisiognomi maupun dinamika kehidupan alam nabati yang ada

di dalamnya menyerupai hutan primer atau sekunder.

Dari segi jenis tanaman yang dibudidayakan, kebun pekarangan di Jawa dapat dikelompokkan pada sistem agro-forestri atau perhutanian karena kebun-kebun ini memadukan berbagai tanaman yang tergolong jenis-jenis kehutanan, seperti jenis-jenis kayu dan tumbuhan obat dengan tanaman pertanian seperti ketela pohon dan jagung. Beberapa contoh sistem agro-forestri yang ada di Indonesia adalah repong di pesisir Krui Lampung, kebun karet campuran di Jambi, Sumatra Selatan dan Kalimantan Tengah, tembawang di Kalimantan Barat, pelak di Kerinci, kebun durian campuran di Gunung Palung, Kalimantan Barat, parak di Maninjau, Sumatra Barat, dan kebun pepohonan campuran di sekitar Bogor.

Dari paparan di atas tampak bahwa para ahli pertanian mengutamakan tanaman pangan dalam sistem pembudidayaan tanaman yang ada, sedangkan ahli kehutanan melihat jenis-jenis pohon penghasil kayu sebagai unsur dominan dalam pembudidayaan tanaman.

2.2.5 Kolam

Ekosistem kolam merupakan ekosistem yang dinamik dan disebut ekosistem karena di dalamnya terdapat komponen biotik, abiotik, dan dekomposer yang saling berinteraksi membentuk daur materi dan aliran energi dalam satu kesatuan sistem. Ekosistem ini mempunyai kedalaman 4–5 m dan masih memungkinkan tumbuh-tumbuhan untuk dapat tumbuh di semua ekosistem perairan. Dalam ekosistem kolam terjadi kompetisi, simbiosis, dan bila terjadi perubahan komponen ekosistem akan berpengaruh pada komponen ekosistem lainnya sehingga dapat mengubah kinerja dalam ekosistem tersebut. Di ekosistem kolam juga berperan komponen abiotik seperti cahaya matahari atau intensitas cahaya yang berfungsi membantu pertumbuhan hidup tanaman yang ada di kolam dan sekitar kolam serta membantu proses fotosintesis yang dapat menghasilkan oksigen dan sebagai sumber kehidupan makhluk hidup di dalam kolam.

2.2.6 Tambak

Seperti halnya ekosistem kolam, tambak juga merupakan ekosistem yang dinamik. Ekosistem ini mempunyai kedalaman 4–5 m sehingga memungkinkan tumbuh-tumbuhan untuk dapat berkembang. Ekosistem tambak terbentuk oleh percampuran air laut dan air tawar. Oleh karena itu, dijumpai organisme yang hidup di wilayah peralihan antara lingkungan air laut dan air tawar. Dalam ekosistem tambak juga terjadi kompetisi, simbiosis, dan bila terjadi perubahan komponen ekosistem akan berpengaruh pada komponen ekosistem lainnya sehingga dapat mengubah kinerja dalam ekosistem tersebut.

Freycinetia wamenaensis
Keim | 2011

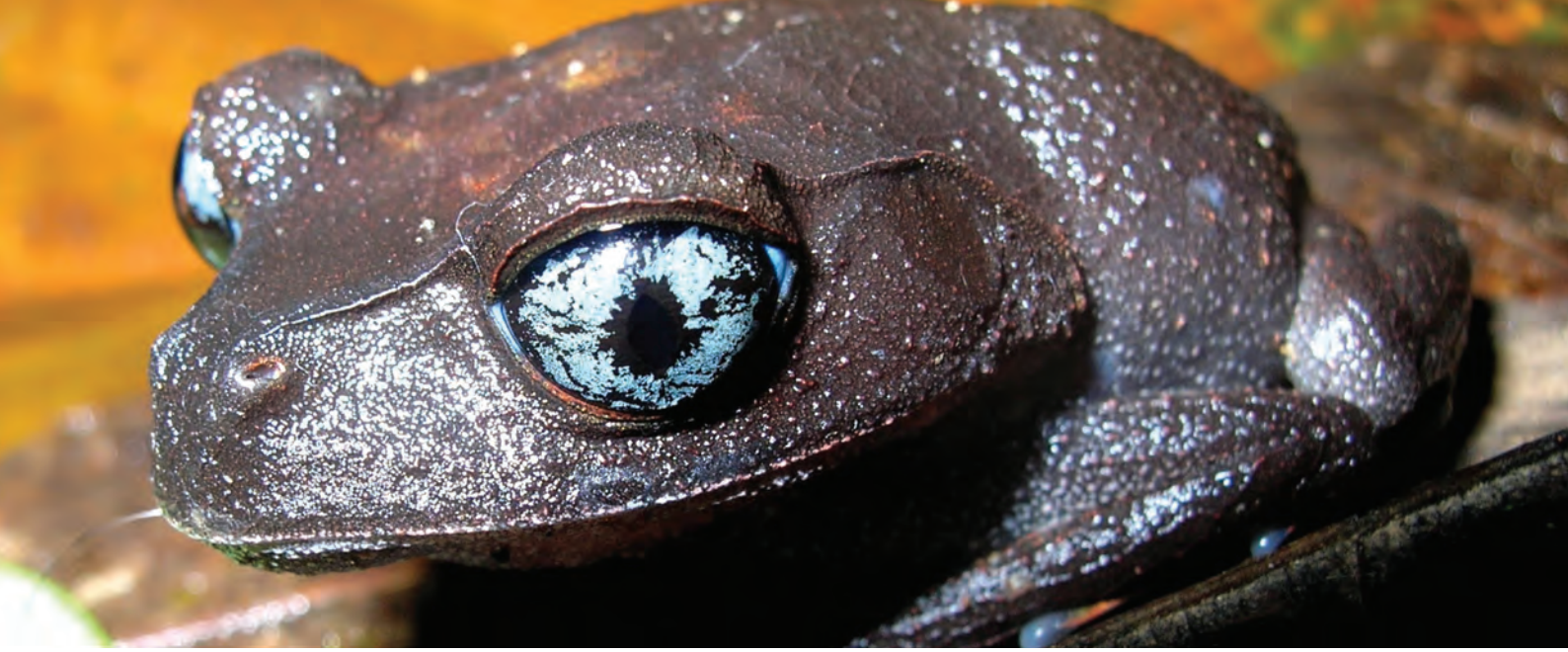
LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan
Pembangunan Nasional

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 3
KEANEKARAGAMAN JENIS



BAB 3 | KEANEKARAGAMAN JENIS

Keanekaragaman jenis adalah banyaknya jenis hewan dan/atau tumbuhan yang terdapat dalam suatu masyarakat kehidupan (Rifai 2004). Dalam bab ini keanekaragaman jenis yang akan dikemukakan adalah keanekaragaman jenis biota laut dan keanekaragaman jenis biota terestrial. Keanekaragaman jenis laut membahas jenis mahkluk hidup di laut. Keanekaragaman jenis terestrial adalah keanekaragaman jenis yang hidup di daratan.

3.1 Keanekaragaman Jenis Biota Laut

Pengumpulan dan pendataan keanekaragaman hayati (kehati) laut merupakan tantangan tersendiri karena luasnya wilayah perairan di Indonesia. Di samping itu, keahlian tenaga taksonomi kelautan yang sangat kurang sehingga jumlah jenis biota yang terdata di perairan laut Indonesia baru berkisar 6.396 jenis (Tabel 6) termasuk data tumbuhan, seperti mangrove, alga, dan lamun maka jumlahnya menjadi jenis.

3.1.1 Fauna

Jumlah fauna laut di Indonesia yang tercatat saat ini berkisar 5.319 jenis dan 3.476 jenis di antaranya adalah ikan, yang kemudian diikuti oleh Echinodermata dengan 557 jenis, Polychaeta, karang, dan Crustacea (Tabel 6).

Tabel 6. Jumlah Fauna Laut yang Ditemukan di Perairan Indonesia

Bangsa	Jenis
Echinodermata	557
Polychaeta	527
Krustasea (udang dan kepiting)	309
Karang	450
Ikan	3.476
Jumlah	5.319

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

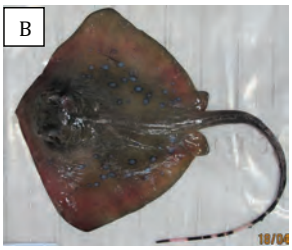


Foto: Adrim 2009

Gambar 26. (A) Ikan hiu *Carcharinus sorrah* dan (B) ikan pari (*Dasyatis kuhlii)* yang dapat ditemukan di perairan Indonesia

Menurut Lagler *et al.* (1962), ikan dibagi dalam tiga kelompok besar, yaitu Agnata, merupakan ikan primitif seperti Lampreys dan Hagfishes; ikan bertulang rawan (Chondrichthyes), seperti ikan cucut (hiu) dan ikan pari (Gambar 26); dan ikan bertulang sejati (Osteichthyes = Teleostei). Ikan hiu dan ikan pari yang biasa tertangkap di perairan Indonesia antara lain hiu martil *(Zygaena* sp.); hiu caping *(Galeorphynus australis*); hiu gergaji *(Lamna nasus*); hiu parang *(Alopias vulpinis*); dan hiu biru *(Prionace glauca*). Jenis yang sering dijumpai di daerah terumbu karang adalah *black tip reef* (*Carcharhinus* spp.), *white tip reef* (*Triaenodon* spp.), dan Cucut moncong putih (*Carcharhinus amblyrhychos*). Kedelapan jenis ikan laut tersebut merupakan komoditas andalan untuk bahan pangan ekspor, empat jenis di antaranya berpotensi untuk dibudidayakan (Romimohtarto & Juwana 1999). Jenis ikan yang berasosiasi dan sering dijumpai di perairan terumbu karang adalah dari kelompok Pomacentridae, termasuk "anemonfish" dan "angelfish" serta kelompok Chaetodontidae, Zanclidae, Lethrinidae, dan Haemulidae.

Echinodermata pada umumnya mempunyai permukaan kulit yang berduri. Duri-duri yang melekat di tubuhnya itu bermacam-macam ada yang tajam, kasar, dan atau hanya berupa tonjolan saja. Di Indonesia saat ini tercatat 557 jenis Echinodermata yang masuk dalam 60 suku dan 4 kelas. Jenis yang termasuk kelompok Echinodermata antara lain bintang laut (*Linckia* spp.), bulu babi (*Diadema* spp.), tripang (*Holothuria* spp.), lili laut *(Lamprometra* sp.), bintang mengular *(Ophiothrix* spp.), dan mahkota seribu atau mahkota berduri *(Acanthaster* spp.) (Lilley 1999). Jumlah jenis paling banyak pada Echinodermata dimiliki oleh Kelas Ophiuroidea yang terdiri atas 142 jenis (11 suku), sedangkan jumlah paling sedikit dijumpai pada Kelas Echinoidea (84 jenis dari 21 suku) (Tabel 7).

Keanekaragaman jenis krustasea laut Indonesia saat ini tercatat ada lima suku, yang terbanyak udang pengko (Stomatopoda) (118 jenis) dan paling sedikit suku Syllaridae (2 jenis) (Tabel 8). Di Indonesia, enam jenis krustasea memiliki nilai ekonomi yang penting, misalnya lobster dan udang, namun populasi di alam sudah semakin menurun, bahkan seperti mimi (*Tachypleus gigas*) sudah mendekati kepunahan sehingga perlu dilindungi (Moosa 1984, Moosa & Aswandy 1984).

Data keanekaragaman cacing laut (Polychaeta) di Indonesia cukup lengkap, meliputi 43 suku dan 527 jenis (Tabel 9). Jumlah jenis cacing laut tercatat paling banyak masuk dalam suku Terebillidae, diikuti suku Plynoidea dan Neleridídae, sedangkan suku lain memiliki 1–3 jenis saja.

Keanekaragaman sponges di Indonesia diperkirakan tidak lebih dari 850 jenis *sponge* (van Soest 1989, Nontji 1999). Di perairan

Tabel 7. Jumlah Suku dan Jenis dari Lima Echinodermata di Indonesia

Kelas	Jenis
Ophiuroidea	142
Crinoidea	101
Asteroidea	89
Echinoidea	84
Jumlah	557

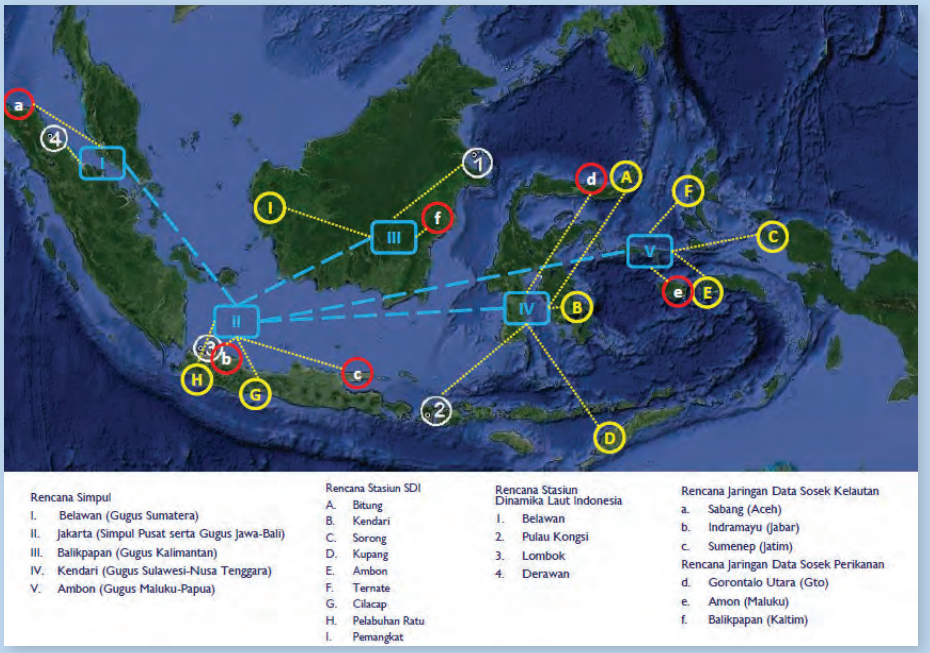
Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Tabel 8. Jumlah Jenis Krustasea Laut

Suku	Jenis
Udang pengko (Stomatopoda)	118
Udang niaga (Penaeidae)	110
Rajungan dan kepiting bakau (Portunidae)	72
Udang pasir dan udang kipas (Syllaridae)	2
Udang karang atau lobster (Palinuridae)	7
Jumlah	309

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

RENCANA PEMBANGUNAN PUSAT DAN SIMPUL DATA KELAUTAN DAN PERIKANAN



Sumber: Balai Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan 2014

Tabel 9. Jumlah Jenis Polychaeta di Perairan Indonesia

Suku	Jumlah jenis	Suku	Jumlah jenis
Terebellidae	70	Glyceridae	5
Polynoidae	67	Sternaspidae	5
Nereididae	57	Oweniidae	4
Amphinomidae	38	Paraonidae	4
Syllidae	33	Ariciidae (Orbiniidae)	3
Ampharetidae	28	Chrysopetalidae	3
Sigalionidae	27	Lumbrineridae	3
Aphroditidae	26	Magelonidae	3
Spionidae	20	Onuphidae	3
Chlorhaemidae (Flabelligeridae)	14	Eunicidae	2
Opheliidae	14	Phyllodocidae	2
Chaetopteridae	10	Poecilochaetidae	2
Hesionidae	10	Trichobranchidae	2
Capitellidae	8	Cossuridae	1
Sabellariidae	8	Dorvilleidae	1
Amphictenidae (Pectinariidae)	7	Euphrosinidae	1
Eulephetidae	7	Glycinde	1
Nephtyidae	7	Hartmaniellidae	1
Pilargidae	7	Oenonidae	1
Polycirridae	7	Paralacydoniidae	1
Sabellidae	7	Serpulidae	1
Cirratulidae	6	Maldanidae	
Jumlah total			527

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Indonesia Timur, Rachmat (2007) menemukan 441 jenis spons yang terdiri atas 339 jenis dari kelas Demospongiae dan 2 jenis kelas Calcarea. Jenis yang umum terdapat di Perairan Indonesia Timur, yaitu *Aaptos* spp., *Clathria vulpina, Callyspongia* spp., *Oceanopias* spp., *Petrosia* spp., dan *Xestospongia* spp.

Koral atau yang lebih dikenal dengan sebutan karang termasuk kelompok hewan yang berbentuk bunga sehingga sering mengecoh dan dianggap sebagai kelompok tumbuhan. Koral dibagi dalam kelompok hermatipik dan ahermatipik. Kelompok hermatipik merupakan karang yang mampu membentuk terumbu karang dengan bantuan sel alga (zooxanthelae) yang terdapat dalam jaringan tubuhnya, kelompok ahermatipik tidak mempunyai zooxanthella dan hidup di tempat yang dalam serta tidak membentuk terumbu karang (Lilley 1999). Di Indonesia tidak kurang dari 70 jenis koral sudah teridentifikasi (Suharsono, kom. pri) dan hasil kompilasi data selama 2 dekade (1993–2011) menunjukkan kondisi yang berubah-ubah (Gambar 27).

Moluska merupakan kelompok hewan yang bertubuh lunak, ada yang bercangkang dan tidak bercangkang. Cangkang berfungsi untuk melindungi tubuh yang lunak. Menurut Marwoto & Sinthosari (1999), moluska ini dibagi dalam tujuh kelas, yaitu Monoplacophora, Polyplacophora, Aplacophora, Gastropoda, Pelecypoda/Bivalvia, Scaphopoda, dan Cephalophoda. Beberapa jenis moluska laut di Indonesia mempunyai nilai ekonomis untuk dibudidayakan.

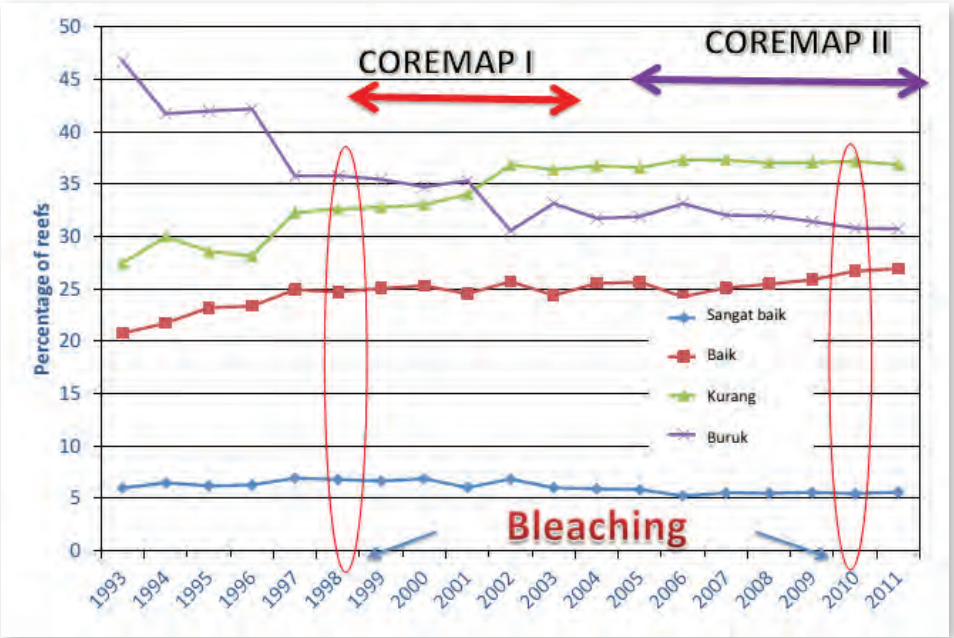
3.1.2 Alga

Alga banyak dijumpai di daerah terumbu karang dengan warna yang bermacam-macam. Perbedaan warna tersebut disebabkan oleh kandungan pigmen yang terdapat pada tumbuhan tersebut. Berdasarkan warnanya alga dapat dibagi dalam tiga kelompok: 1) Chlorophyta, yaitu Alga yang mengandung pigmen berwarna hijau, misalnya *Halimeda* sp., *Caulerpa* sp., dan *Ulva* sp., 2) Phaeophyta, yaitu alga yang mengandung pigmen berwarna cokelat, misalnya *Padina* spp. *Sargassum* spp. dan 3) Rhodophyta, yaitu alga yang mengandung pigmen merah, misalnya: *Gracilaria* spp., *Eucheuma* spp., *Gelidium* spp. dan *Hypnea* spp. (Pratiwi 2006). Jumlah Alga yang dapat ditemukan di perairan Indonesia dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Jumlah Alga dan Flora Laut yang Ditemukan di Perairan Indonesia

Biota	Suku	Jenis
Lamun	2	13
Alga	81	971
Mangrove	19	55
Mangrove Associate	39	75
Jumlah	135	1.077

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*



Sumber: Jompa 2013

Gambar 27. Kondisi koral Indonesia masa lalu dan saat ini

BEBERAPA JENIS KARANG YANG DAPAT DITEMUKAN DI PERAIRAN INDONESIA

Stylophora sp.

Symphyllia sp.

Tubipora sp.

Foto: Siregar 2013

3.1.3 Flora

Flora laut yang banyak dijumpai di perairan pesisir Indonesia adalah lamun (*sea grass*). Lamun termasuk dalam golongan tumbuhan tingkat tinggi karena bagian batang, daun, bunga, dan buahnya dapat dibedakan dengan jelas. Lamun termasuk tumbuhan berbunga (Angiospermae), mempunyai daun, rimpang (rhizoma), dan akar sehingga mirip dengan rumput di darat. Kebanyakan lamun hidup di perairan yang relatif tenang, bersubstrat pasir halus dan lumpur. Di perairan Indonesia hanya dikenal 13 jenis, di antaranya *Halophila spinulosa, H. decipiens, H. minor, H. ovalis, H. sulawesii, Enhalus acoroide, Thalassia hemprichii, Cymodocea serrulata, C. rotundata, Halodule pinifolia, H. uninervis, Syringodium isoetifolium,* dan *Ruppia maritima* (Romimohtarto & Juwana 1999).

Tumbuhan berbunga lainnya adalah jenis-jenis yang dapat bertahan hidup pada perairan dengan kadar garam tinggi dan ketersediaan oksigen terbatas. Ciri khas tumbuhan ini memiliki akar berupa akar napas dan akar lutut, yaitu akar yang muncul ke permukaan tanah dan berfungsi untuk bernapas atau untuk mengambil kebutuhan oksigen sebanyak-banyaknya sehingga dapat bertahan hidup apabila terendam air. Bentuk daun biasanya tebal, yang berguna untuk menampung air sebanyak-banyaknya sehingga dapat bertahan hidup di lingkungan yang berkadar garam tinggi. Macam-macam jenis mangrove di antaranya adalah *Avicennia* spp., *Bruguiera* spp., *Ceriops* spp., *Rhizophora* spp., dan *Sonneratia* spp. (Romimohtarto & Juwana 1999).

3.1.4 Mikrob

Mikrob berdasarkan sifat tropiknya dibedakan menjadi mikrob autotrof dan mikrob heterotrof. Mikrob autotrof merupakan organisme yang mampu menyintesis makanan sendiri dari bahan anorganik menjadi bahan organik dengan bantuan energi, seperti matahari dan kimia, misalnya *Thiobacillus, Nitrosomonas,* dan *Nitrobacter*. Mikrob heterotrof, yaitu organisme yang memanfaatkan bahan-bahan organik sebagai makanannya dan bahan tersebut disediakan oleh organisme lain, misalnya *Saprolegnia* sp., *Candida albicans,* dan *Trichophyton rubrum*.

Samudra melingkupi sekitar 70% dari seluruh permukaan bumi dengan estimasi volume air mencapai 2–10 x 10^3 m^3 dan kedalaman rata-rata 3.800 meter. Air merupakan habitat yang baik untuk mikrob karena di dalam satu liter air terkandung 10^{8-9} sel bakteri yang diperkirakan mewakili sekitar 20.000 jenis bakteri (Venter *et al.* 2004). Sementara itu, kekayaan jenis *Archaea* diperkirakan mencapai 38.000 jenis per liter air laut (Huber *et al*. 2007).

Keanekaragaman jenis mikrob laut yang melimpah di Indonesia belum tergarap secara maksimal, demikian juga yang berasosiasi dengan terumbu karang belum banyak diketahui, beberapa jenis mikrob tertentu walaupun diketahui hidup bersimbiosis mutualisme dengan terumbu karang. Terumbu karang menghasilkan mukus sebagai sumber pakan mikrob, sedangkan mikrob dapat menghasilkan senyawa bioaktif yang mampu melindungi terumbu karang dari serangan bakteri yang bersifat patogen. Berdasarkan penelitian Patantis *et al.* (2012) sejumlah marga bakteri dijumpai di perairan sekitar Sangihe Talaud, seperti *Alteromonas, Pseudomonas,*

Pseudoalteromonas, Shewanella, Vibrio dan bakteri lain yang belum dapat dikulturkan. Dari hasil penelitiannya diketahui ada 14 kelas mikrob asal laut sekitar Sangihe Talaud, yaitu *Acetobacteraceae, Actinobacteria, α-proteobacteria, Bacilli, Bacteroidetes, β-proteobacteria, Chlorobi, Chroococcales, Clostridia, δ-proteobacteria, Erysipelotrichia, γ-proteobacteria, Synergistia,* dan *Zetaproteobacteria* dan lainnya yang belum dapat diidentifikasi dan belum dapat dikulturkan. Di dekat Manado, diketahui kelas *Bacilli* dan *Actinobacteria* mendominasi. Kedua kelas ini umumnya terdapat di sedimen laut dan memegang peranan penting dalam produksi komponen aktif biologi termasuk dalam mengoksidasi mangan (Moran *et al.* 1995, Miranda *et al.* 2008). Sejumlah jenis *Actinobacteria* dan *Bacilli* sangat terkenal karena dapat tumbuh pada suhu yang tinggi (Kurup & Fink 1975; Edward 1993; Song *et al.* 2001; Petrova & Vlahov 2007; Zilda *et al.* 2009), misalnya *Geobacillus caldoproteolyticus, Thermomonospora chromogena, Thermobaculum terrenum, Thermoactinomyces vulgaris,* dan bakteri termofilik, yaitu *Bacillus* spp. Di samping itu, juga banyak bakteri yang memegang peranan dalam siklus sulfat, sulfit, dan sulfur seperti *Desulfatimicrobioium mahrescensis, Desulfovibrio desulfuricans, Methylarcula marina, Methylobacillus flagellates, Methylotenera mobilis, Sulfitobacter* sp., dan *Sulfobaccilus* sp., *Sulfobacillus themmosulfidoozidan*. γ-Proteobacteria berhubungan dengan siklus metan dan δ-proteobacteria dikelompokkan termasuk dalam pereduksi sulfat yang berhubungan dengan oksidasi metan secara anaerob (*anaerobic methane oxidation*) (David *et al.* 2005; Pachiadaki *et al.* 2010).

Di laut dalam yang mempunyai lingkungan ekstrem, seperti suhu dingin, tekanan tinggi, cahaya, nutrien yang kurang serta salinitas air laut yang tinggi menyebabkan jenis mikrob yang hidup mempunyai karakter spesifik dan unik serta mempunyai potensi bioteknologi yang sangat besar. Karakter tersebut dipunyai oleh bakteri marga *Pseudomonas, Vibrio,* dan *Flavobacterium* yang mampu hidup di daerah tersebut.

3.2 Keanekaragaman Jenis Biota Terestrial

Semua kehidupan organisme terbagi ke dalam lima Kingdom, yaitu Monera, Prokaryota, Protista, Fungi, Plantae, dan Animalia (Whittaker 1969). Keanekaragaman jenis biota terestrial merupakan organisme yang hidup di darat dan terbagi dalam empat kelompok, yaitu fauna, alga, flora, dan mikrob.

3.2.1 Fauna

Animalia dikelompokkan ke dalam 40 filum. Dalam mendata kekayaan fauna Indonesia dibedakan dua kelompok, yaitu Filum Chordata dan Invertebrata. Binatang bertulang belakang mempunyai perawakan yang dapat dilihat dengan mata telanjang maka pendataannya jauh lebih lengkap dibandingkan kelompok hewan tidak bertulang belakang (invertebrata).

3.2.1.1 Vertebrata

Binatang bertulang belakang termasuk dalam Filum Chordata dibagi dalam lima kelas, yaitu mamalia, aves (burung), amphibia, reptilia, dan ikan.

1. Mamalia

Di dunia tercatat 5.416 jenis (Wilson & Reder 2014) dan 720 jenis atau lebih dari 13% tercatat di Indonesia. Tahun 2011 (Widjaja *et al.* 2011) terdapat 18 jenis baru yang pada umumnya mamalia kecil, khususnya tikus dan kelelawar. Jumlah jenis baru ini akan bertambah seiring dengan jumlah ekspedisi yang dilakukan.

Tingginya keanekaragaman jenis mamalia dan jumlah jenis yang endemik berkaitan erat dengan garis biogeografi yang ada di Indonesia. Selain garis khayal biogeografi seperti Wallace's, Lydekker', Weber's, dan Maryanto-Higashi's (Maryanto & Higashi 2011), di Sumatra ada kemungkinan dijumpai garis biogeografi lokal mengikuti persebaran lutung *Presbytis melalophos* (Aimi & Bakar 1992). Di Jawa, garis biogeografi lokal sebagai pembatas tersamar dijumpai membentang dari barat (Ujung Kulon) sampai ke Gunung Slamet yang membatasi sebaran *Nycticebus javanicus* dan *Presbytis frediricae.* Berbeda dengan pola persebaran di Kalimantan, garis biogeografi lokal secara tersamar berdasarkan sungai besar. Hal tersebut ditunjukkan dari endemisitas beberapa jenis, seperti kelompok pengerat (Rodentia) atau subjenis orang utan yang dibedakan dengan pembatas sungai besar yang ada. Di Sulawesi garis pembatas

CONTOH PRIMATA YANG DAPAT DITEMUKAN DI INDONESIA

Foto: ZSL-PHKA 2013
Lutung kelabu (*Trachipithecus cristatus*)

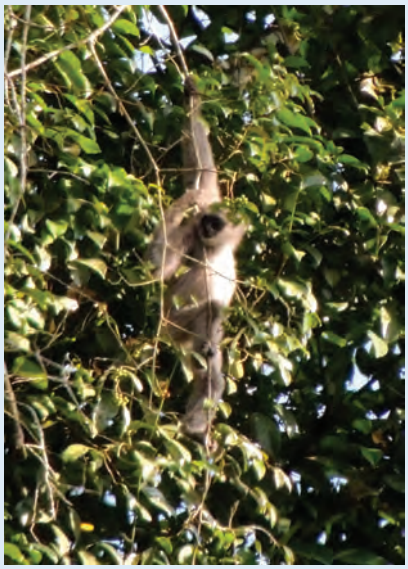


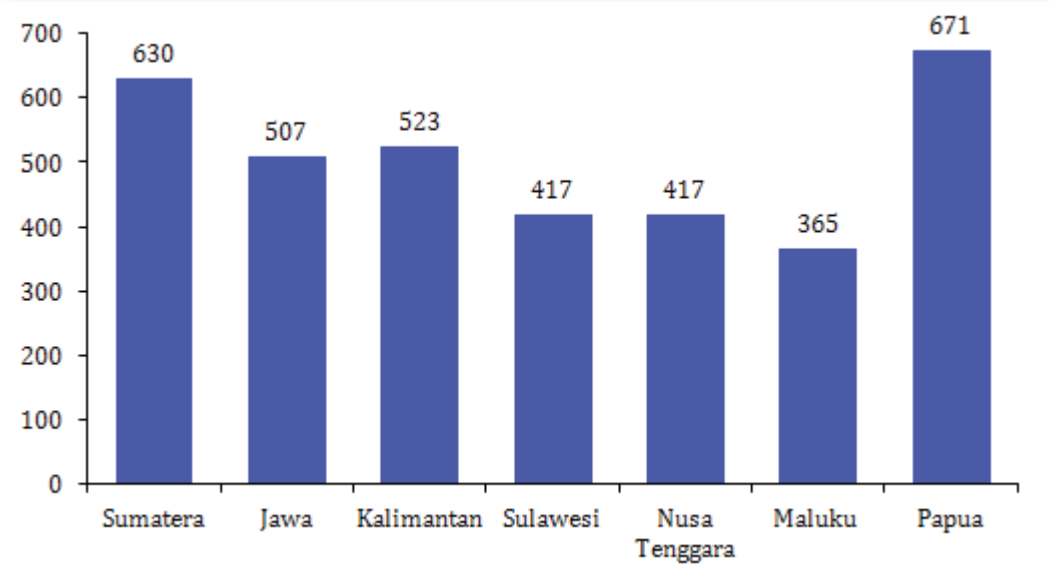
Foto: ZSL-PHKA 2013
Owa jawa (*Hylobates moloch*)

biogeografi tersamar berdasarkan sejarah geologi terjadinya pembentukan pulau tersebut yang terlihat pada pola distribusi monyet (*Macaca* spp.) Sulawesi (Shekelle *et al.* 2008).

Jumlah jenis mamalia di pulau utama adalah Kalimantan (268), Sumatra (257), Papua (241), Sulawesi (207), Jawa (193), Maluku (149), dan Nusa Tenggara (125). Dari mamalia yang ada, tercatat bangsa Rodentia dan Chiroptera di Indonesia memiliki jumlah jenis terbesar, yaitu 239 dan 228 jenis.

2. Burung

Indonesia memiliki jumlah jenis burung tertinggi di dunia selain Brazil, tercatat 1.599 jenis (Sukmantoro *et al.* 2007). Seiring dengan perkembangan teknologi molekuler dan penemuan jenis baru di berbagai tempat, jenis burung di Indonesia telah bertambah menjadi 1.605 jenis, (20 bangsa dan 94 suku). Jumlah ini mencakup sekitar 16% dari total 10.140 jenis burung di dunia (BirdLife International 2003).



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 28. Jumlah jenis burung di tujuh kawasan di Indonesia

Keanekaragaman jenis burung di Indonesia sangat dipengaruhi oleh posisi geografi Indonesia yang berada di antara benua Asia dan Australia. Selain itu, evolusi geologi di wilayah Sulawesi yang terjadi ribuan tahun membentuk komunitas unik di wilayah tersebut yang dideskripsi pertama kali oleh Alfred Russel Wallace dan dikenal sebagai zona Wallacea. Oleh karena itu, secara umum komunitas burung di Indonesia dapat dibagi menjadi tiga kelompok besar, yaitu burung-burung Oriental (Sumatra, Kalimantan, dan Jawa (termasuk Bali), burung-burung Wallacea (Sulawesi, Nusa Tenggara, dan Maluku), dan burung-burung Australasia (Papua) (MacKinnon *et al.* 1998, Coates & Bishop 1997, Behleer *et al.* 2001). Jumlah jenis tertinggi berdasarkan kawasan bioregion berada di Papua, disusul oleh kawasan Sumatra, Kalimantan, Jawa, Sulawesi serta Nusa Tenggara dan Maluku (Gambar 28).

Migrasi Burung

Migrasi merupakan salah satu bentuk perilaku satwa khususnya burung yang sangat fenomenal. Setiap tahun jutaan burung dari berbagai jenis melakukan perpindahan besar-besaran dalam jangka waktu yang lama dan jarak yang jauh. Prosesi pergerakan yang masif ini dapat dengan mudah diamati sehingga menjadi suatu atraksi alam yang sangat dinanti-nanti oleh kalangan pengamat burung dan lingkungan, baik yang profesional maupun amatir.

Migrasi burung melibatkan suatu sistem yang kompleks karena terkait ruang, waktu, dan sistem fisiologi dan genetika. Namun, secara umum penyebab utama burung melakukan migrasi adalah untuk menghindari musim dingin di belahan bumi utara atau selatan dengan cara melakukan perjalanan panjang menuju daerah tropik yang merupakan tempat mencari makan sementara selama musim dingin. Burung-burung tersebut akan kembali ke daerah jika saat musim dingin berakhir dilanjutkan oleh musim berbiak.

Indonesia sebagai negara yang berada di daerah tropik dan posisinya di antara Benua Asia dan Australia, menjadi salah satu daerah utama yang dilewati dan disinggahi burung yang bermigrasi dari Asia Utara dan Australia. Tercatat sekitar 150 jenis dari total jenis burung Indonesia adalah burung bermigrasi. Burung dapat dikategorikan menjadi beberapa kelompok, yaitu burung pemangsa bermigrasi, burung air (burung laut dan burung pantai), burung hutan, dan burung *passerine* bermigrasi.

Burung pemangsa bermigrasi berasal dari Suku Accipitridae yang berjumlah 22 jenis (Zulkifli *et al.* 2012, Nijman 2001, Germi and Waluyo 2006, Germi *et al.* 2009). Sebagian besar jenis-jenis tersebut berasal dari belahan bumi utara, antara lain Sikep-madu asia (*Pernis ptylorhynchus*), elang-alap cina (*Accipiter solensis*), elang alap nipon (*Accipiter gularis*), dan elang paria (*Milvus migran*); dua jenis alap-alap, yaitu alap-alap layang (*Falco cenchroides*) dan alap-alap Australia (*Falco longipennis*) berasal dari Australia. Jalur yang telah terpetakan meliputi Sumatra, Kalimantan, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, dan Sangihe. Dari catatan tersebut diperkirakan ada dua jalur utama yang digunakan burung-burung tersebut, yaitu Asia Timur, Indochina, dan Indonesia; jalur kedua tersebut adalah Asia Timur, Filipina, dan Indonesia. Jalur pertama akan melalui Sumatra, Kalimantan, Jawa, dan Nusa Tenggara, sedangkan jalur kedua dapat berujung di daerah Wallacea (Sulawesi dan Nusa Tenggara), Maluku, dan Papua.

Daerah yang dilalui burung migrasi memiliki tipe ekosistem yang beraneka ragam, namun sebagian besar merupakan tipe hutan pegunungan, terutama di Jawa. Lokasi-lokasi penting yang menjadi titik-titik pengamatan burung pemangsa bermigrasi antara lain Puncak, Bogor, Jawa Barat. Beberapa lokasi utama yang menjadi pintu masuk ke Indonesia adalah pulau-pulau kecil, seperti Pulau Rupat, Riau, dan Sangihe, Sulawesi.

Burung air merupakan kelompok burung bermigrasi terbesar di dunia. Dalam sekali musim migrasi, jumlah individu dan jenis yang terlibat dalam ritual ini jauh melebihi kelompok raptor bermigrasi. Burung air di Indonesia yang bermigrasi berjumlah sekitar 100 jenis dari berbagai bangsa dan suku. Burung air yang terdiri atas burung pantai dan burung laut, termasuk yang paling banyak diamati dan ditandai. Sifatnya yang selalu membentuk agregat di lahan-lahan basah, seperti pantai berpasir atau paparan lumpur menjadikan kelompok ini relatif mudah diamati dan dimonitor.

KAWASAN WALLACEA SURGA ENDEMISITAS BURUNG INDONESIA

Wallacea memiliki jenis burung endemik tertinggi di Indonesia, yaitu 107 jenis. Kawasan ini menjadi lebih unik lagi karena dari jumlah tersebut 21 jenis merupakan jenis dengan marga tunggal yang tidak memiliki kerabat dengan jenis lain. Jumlah ini 95% dari total marga tunggal di Indonesia, satu-satunya marga tunggal lainnya adalah curik bali (*Leucopsar rothschildi*) yang sebaran alamiahnya hanya di Bali Barat. Sebanyak 10 jenis dari marga tunggal tersebut memiliki beberapa anak jenis. Sebaliknya, sejumlah 12 jenis, termasuk Curik Bali, digolongkan sebagai jenis *monotypic* karena tidak memiliki anak jenis. Beberapa jenis *monotypic* ini termasuk dalam kategori terancam menurut IUCN *Red list* sehingga usaha-usaha konservasi di wilayah ini harus lebih giat dilakukan.

No.	Jenis	Nama Indonesia	Lokasi	Status Konservasi Indonesia	Status IUCN
1	*Eulipoa wallacei**	Gosong Maluku	Maluku dan Misool, Papua Barat	Dilindungi UU PP No. 7 1999	VU
2	*Macrocephalon maleo**	Maleo Senkawor	Sulawesi	Dilindungi UU PP No. 7 1999	EN
3	*Habroptila wallacii**	Mandar Gendang	Maluku	Dilindungi UU PP No. 7 1999	VU
4	*Cryptophaps poecilorrhoa**	Merpati Murung	Sulawesi		
5	*Cittura cyanotis*	Rajaudang Pipi-ungu	Sulawesi		NT
6	*Caridonax fulgidus*	Cekakak Tunggir-putih	Nusa Tenggara		
7	*Heinrichia calligyna*	Cingcoang Sulawesi	Sulawesi		
8	*Geomalia heinrichi*	Anis Geomalia	Sulawesi		NT
9	*Cataponera turdoides*	Anis Sulawesi	Sulawesi		
10	*Malia grata*	Malia Sulawesi	Sulawesi		
11	*Eutrichomyias rowleyi**	Seriwang Sangihe	Sulawesi	Dilindungi UU PP No. 7 1999	CR
12	*Hylocitrea bonensis*	Kancilan Buah	Sulawesi		
13	*Coracornis raveni**	Kancilan Ungu	Sulawesi		
14	*Tephrozosterops stalkeri**	Opior Dwiwarna	Maluku		
15	*Madanga ruficollis**	Opior Buru	Maluku		EN
16	*Oreornis chrysogenys**	Isapmadu Pipi-jingga	Papua		
17	*Melitograis gilolensis**	Cikukua Halmahera	Maluku		
18	*Leucopsar rothschildi**	Curik Bali	Bali	Dilindungi UU PP No. 7 1999	CR
19	*Enodes erythrophri*	Jalak Alis-sapi	Sulawesi		
20	*Scissirostrum dubium**	Jalak Tunggir-merah	Sulawesi		
21	*Lycocorax pyrrhopterus*	Cendrawasih Gagak	Maluku		
22	*Semioptera wallacei*	Bidadari Halmahera	Maluku		

*Jenis *Monotypic*

Foto: Haryoko 2014

A. Rajaudang pipi ungu (*Cittura cyanostis*) dari Sulawesi
B. Cikuakua Halmahera (*Melitograis gilolensis*) dari Halmahera
C. Curak Bali (*Leucopsar rothschildi*) dari Bali

Lokasi-lokasi penting yang menjadi pusat pengamatan burung air antara lain Pantai Cemara, Jambi; Delta Banyuasin, Sumatra Selatan; P. Bangka; Indramayu; Tanjung Pasir, Cianjur Selatan, Jawa Barat; Ujung Pangkah dan Wonorejo, Jawa Timur (Tirtaningtyas & Philippa 2009, Iqbal *et al*. 2012, Iqbal & Hasudungan 2008). Jenis-jenis yang sering tercatat dalam jumlah besar adalah cerek kernyut (*Pluvialis fulva*), cerek besar *(Pluvialis squatarola*), cerek-pasir mongolia *(Charadrius mongolus*), cerek-pasir besar *(Charadrius leschenaultii*), biru-laut ekor-blorok *(Limosa lapponica*), biru-laut ekor-hitam *(Limosa limos*a), trinil-lumpur asia *(Limndoromus semipalmatus)*, trinil kaki-merah *(Tringa totanus*), trinil-kaki hijau (*Tringa nebularia*), trinil Nordmann *(Tringa guttifer*), trinil semak *(Tringa stagnatilis*), gajahan pengala *Numenius phaeopus*), gajahan besar *(Numenius arquata*), kedidi besar *(Calidris tenuirostris*), kedidi merah (*Calidris canutus*), dan kedidi golgol (*Calidris ferruginea*).

Selain kedua kelompok di atas, burung bermigrasi yang paling mudah dilihat adalah layang-layang Asia (*Hirundo rustica*). Burung ini agak berbeda dalam perilaku dibandingkan dengan kelompok burung pemangsa dan burung air, mereka memilih untuk singgah dan tinggal sementara di area urban dibandingkan ekosistem alami. Pada musim bermigrasi antara akhir bulan September–Maret, layang-layang Asia banyak menggunakan struktur bangunan sebagai tempat bertengger seperti tiang dan kabel listrik, selain pohon-pohon peneduh di pinggir jalan.

Aktivitas penandaan burung bermigrasi telah lama dilakukan, dimulai dari proyek *The Monitoring Avian Productivity and Survivorship Program* (MAPS) dimotori oleh US *Army Research and Development Group* bekerja sama dengan berbagai lembaga Indonesia termasuk Museum Zoologicum Bogoriense (Puslit Biologi–LIPI) tahun 1963–1971. Beberapa tahun kemudian, kerja sama antara LIPI, Kementerian Kehutanan, JICA dan Yamashina Institute for Ornithology Jepang beserta beberapa universitas, seperti Universitas Padjadjaran dan Universitas Andalas serta lembaga swadaya masyarakat melanjutkan program serupa di berbagai lokasi di Indonesia.

Seiring merebaknya kasus flu burung pada tahun 2006. Puslit Biologi-LIPI, Kementerian Kehutanan dan Indonesian Ornthologist Union (IdOU) membentuk Indonesian Birds Banding Scheme (IBBS). IBBS yang berpusat di Puslit Biologi-LIPI merupakan implementasi pentingnya badan yang meregulasi penandaan burung migran. Pembentukan IBBS didukung oleh Pemerintah Australia melalui Department of Environment, Water, Heritage and Arts dan Puslit Biologi LIPI menandatangani *memorandum of understanding* (MoU) yang membantu pengadaan alat dan pelatihan penandaan burung pada tahun 2009–2011.

3. Amfibia

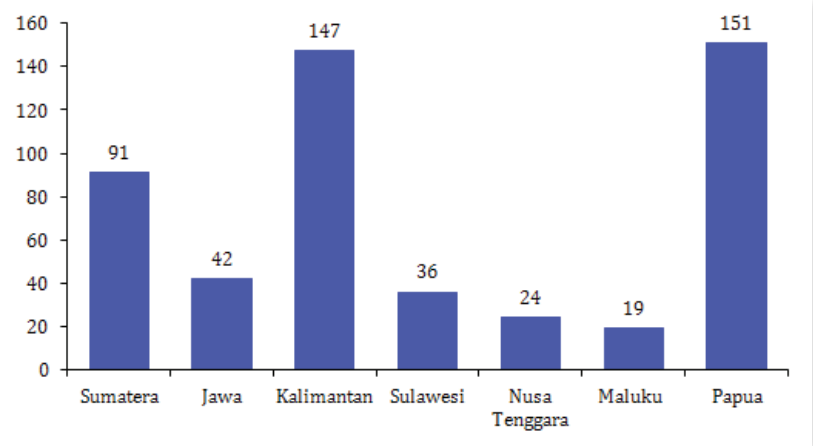
Jumlah amfibi dunia diperkirakan lebih dari 6.433 jenis (*research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia 2014*). Hingga kini, di Indonesia tercatat 385 jenis dari 12 suku atau 2 bangsa. Secara berurutan jumlah jenis di pulau-pulau utama tercatat tertinggi di Papua, Kalimantan, Sumatra, Jawa, Sulawesi, Maluku, dan terendah dari kawasan Nusa Tenggara (Gambar 29).

4. Reptilia

Lebih dari 9.084 jenis Reptilia di dunia (*www.reptiledatabase.org 2014*) dan 723 jenis yang termasuk 4 bangsa dan 28 suku atau mencakup 8% di antaranya terdapat di Indonesia. Jenis terbanyak ditemukan di kawasan Kalimantan diikuti oleh Sumatra, Papua, Jawa, Sulawesi, dan Maluku, sedangkan yang paling sedikit terdapat di kawasan Nusa Tenggara (Gambar 30). Untuk ular laut di Indonesia diperkirakan ada 48 jenis. Reptilia yang sering bermigrasi

Foto: Hamidy 2013

Percil oriental (*Microhyla orientalis*) kodok jenis baru yang ditemukan tahun 2013 di Bali dan Jawa



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 29. Jumlah jenis amfibi di tujuh kawasan di Indonesia

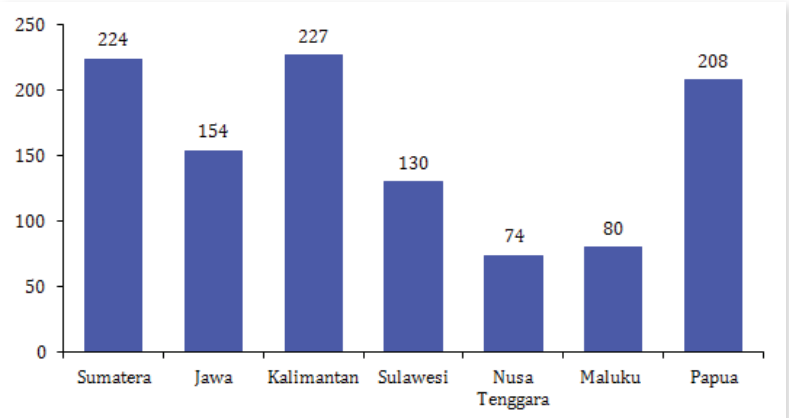
antarpulau atau antarnegara seperti penyu-penyuan tercatat ada enam jenis (Chloniidae dan Dermochelyidae).

Dua suku reptil yang perlu mendapat perhatian dalam hal ketersediaan data adalah Pythonidae (ular sanca) dan Varanidae (biawak) karena seluruh jenis di kelompok ini dapat diperdagangkan. Perdagangannya diatur berdasarkan konvensi internasional, yaitu CITES. Bahkan, beberapa kelompok ini dilindungi oleh Pemerintah Indonesia dan tercatat dalam *Red List* IUCN sehingga mendapatkan status konservasi yang cukup tinggi. Data populasi dan persebaran di seluruh nusantara perlu diperbaharui untuk mengimbangi volume perdagangan dan menjaga kesinambungan populasinya di alam.

Lebih dari 40% jenis biawak di seluruh dunia terdapat di wilayah Indonesia. Dari kekayaan yang ada di Indonesia ini, lebih dari

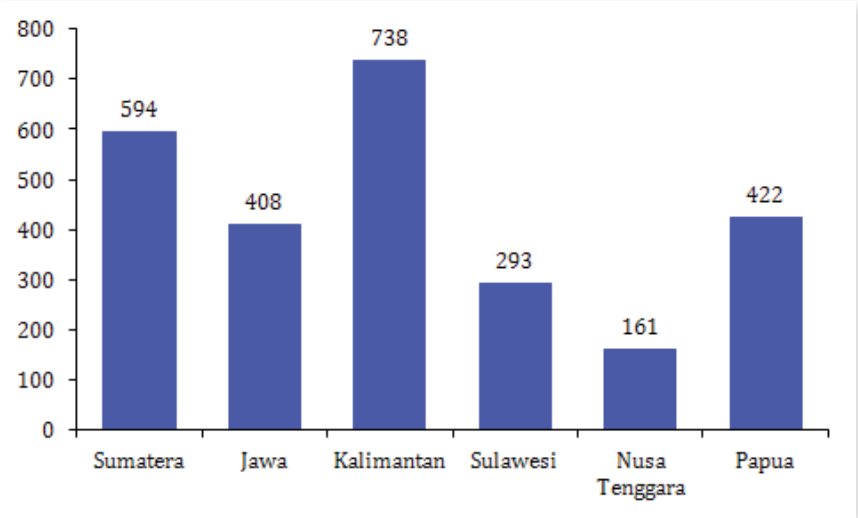
Foto: Hamidy 2007

Varanus doreanus atau dikenal sebagai biawak ekor biru yang dapat ditemukan di Raja Ampat, Papua



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 30. Jumlah jenis reptilia di tujuh kawasan di Indonesia



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 31. Jumlah jenis ikan air tawar di enam kawasan di Indonesia

80%-nya tersebar di bagian timur, terutama Maluku dan Papua.

5. Ikan Air Tawar

Sampai saat ini, di dunia dilaporkan ada sekitar 14.000 jenis ikan air tawar. Dari data yang terhimpun di Indonesia tercatat 1.248 jenis yang termasuk dalam 19 bangsa dan 101 suku. Dari hasil pendataan yang terkumpul, Maluku merupakan kawasan dengan data sebaran air tawar yang sangat minim sehingga belum dapat diinformasikan secara lengkap. Jumlah jenis paling banyak tercatat adalah Kalimantan dan Sumatra, sedangkan yang paling sedikit di Nusa Tenggara (Gambar 31).

3.2.1.2 Invertebrata

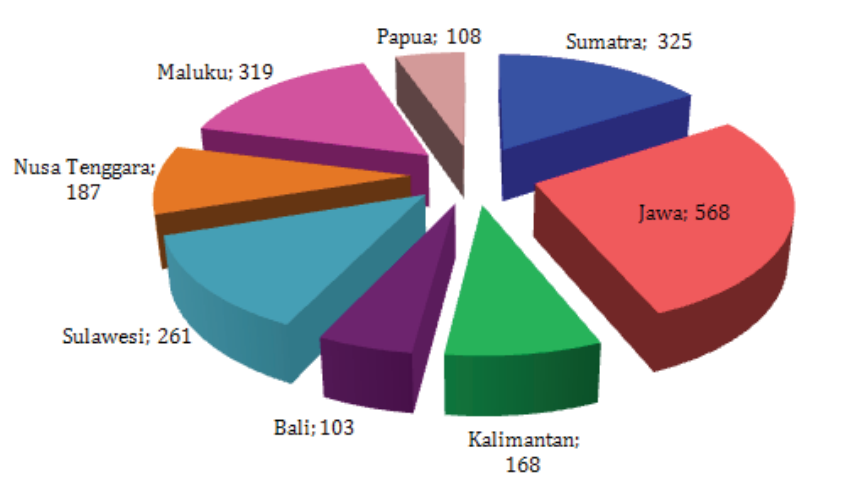
Kelompok binatang yang tidak memiliki tulang belakang, termasuk di dalamnya adalah serangga, cacing, ubur-ubur, cumi, dan hudra. Kelompok ini dibagi ke dalam 11 filum masing-masing adalah Acanthocephala, Annelida, Arthropoda, Cestoda, Coelenterata, Echinodermata, Mollusca, Nematoda, Protozoa, Porifera, dan Trematoda. Di antara kelompok tersebut Arthropoda sekitar 80% dari jumlah total keanekaragaman fauna. Di antara Arthropoda; insekta atau serangga merupakan kelompok yang terbesar, yaitu hampir 60%-nya sehingga jumlah jenis invertebrata tidak mudah dihitung selengkapnya karena banyak di antaranya yang belum teridentifikasi dan terdata dengan baik. Data yang tersaji dalam buku ini belum menggambarkan kekayaan jenis Indonesia. Karena jumlahnya yang besar, tetapi peneliti taksonomi yang membidangi invertebrata jumlahnya sangat sedikit dan mereka hanya melakukan penelitian satu kelompok taksa (misalnya suku atau marga) tertentu. Dalam buku ini hanya akan dibahas filum Mollusca dan Arthropoda karena informasi filum lain belum banyak diungkap.

1. Moluska

Moluska Indonesia dari kelas Gastropoda (laut, air tawar, dan darat) diperkirakan berjumlah 4.000 jenis, Bivalvia 1.000 jenis (laut dan air tawar), Scaphopoda (laut) 70 jenis, Cephalopoda (laut) 100 jenis, dan Amphineura (laut) sulit diterka jumlah jenisnya (Bouchet & Rocroi 2005; 2010), namun diketahui tercatat tiga suku. Jumlah jenis Gastropoda dan Bivalvia terestrial tercatat 2.039 jenis. Pulau Jawa merupakan lokasi yang memiliki jumlah jenis tertinggi karena kegiatan ekspedisi banyak dilakukan dibandingkan pulau-pulau lain di Indonesia. Jumlah Gastropoda dan Bivalvia terestrial di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 32.

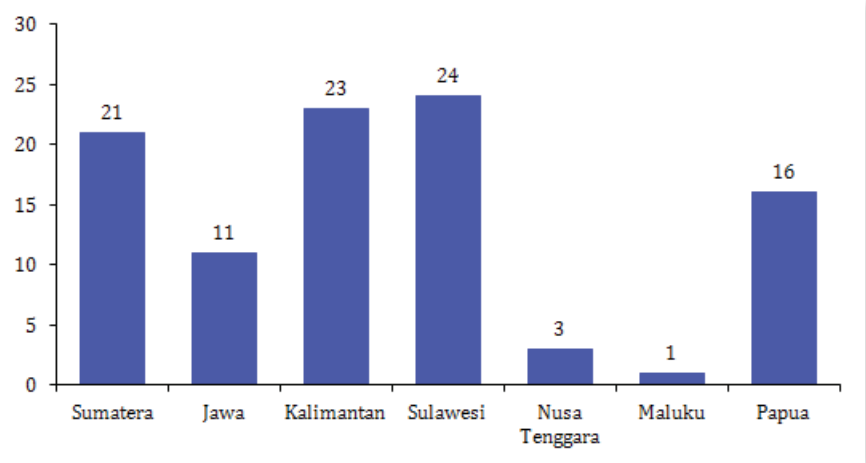
2. Nematoda

Cacing Nematoda di Indonesia hingga saat ini telah teridentifikasi sebanyak 90 jenis dan sebagian besar belum teridentifikasi. Data cacing yang tersedia adalah jenis yang hidup bersimbiosis dengan satwa liar misalnya dengan mamalia, burung, reptilia, amfibi, dan ikan. Persebaran jenis yang sudah



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 32. Jumlah jenis Gastropoda dan Bivalvia terestrial di Indonesia



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 33. Sebaran jenis kepiting air tawar di Indonesia

teridentifikasi adalah dari Pulau Jawa (71), Sulawesi (35), Sumatra (28), Maluku, (5) dan Nusa Tenggara (7) jenis.

3. Arthropoda

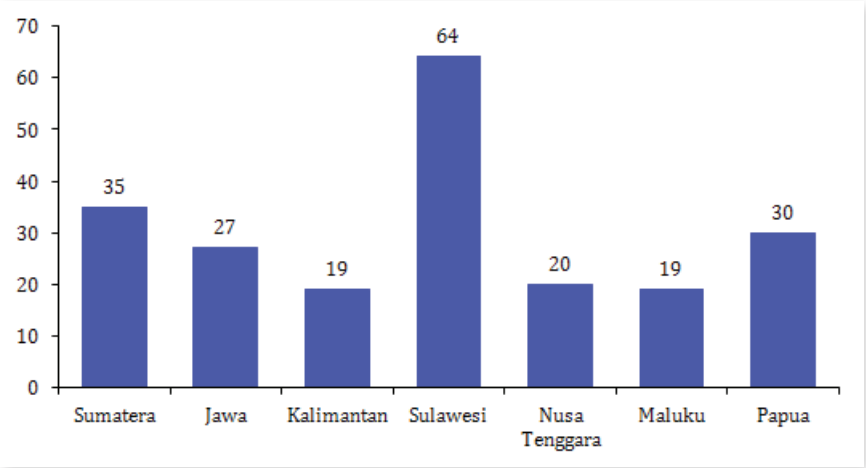
Arthropoda merupakan filum fauna terbesar di dunia dan telah dikelompokkan ke dalam lima anak filum (subfilum) masing-masing adalah Trilobita (sudah punah), Chelicerata, Krustase, Myriapoda, dan Heksapoda. Beberapa kelas yang akan dibahas dalam bagian ini, antara lain Krustase, Diplopoda, Arachnida, Collembola, dan Insekta, yang dapat dijumpai di berbagai macam ekosistem.

a. Krustase (Crustacea)

Fauna yang dikelompokkan dalam Krustase meliputi Brachyura (kepiting), Natantia (udang) dan Isopoda. Di Indonesia yang sudah banyak diungkap adalah kelompok kepiting dan udang, sedangkan isopoda belum banyak diungkap.

b. Krustase Air Tawar

Data yang disajikan di buku ini merupakan hasil eksplorasi di beberapa wilayah dan hanya menggambarkan khusus data krustasea perairan darat atau air tawar. Diperkirakan ada 1.200 jenis udang dan kepiting yang terdapat di Indonesia. Eksplorasi masih diperlukan untuk mengungkap keanekaragaman jenis dan potensi krustasea air tawar Indonesia karena baru sekitar 10% yang terungkap dari perkiraan kekayaan yang ada.



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 34. Keanekaragaman jenis udang air tawar di Indonesia

c. Kepiting air tawar

Kepiting air tawar di Indonesia sampai saat ini tercatat 120 jenis, jumlah jenis terbanyak dapat ditemukan di Sumatra dan terendah di Maluku (Gambar 33).

d. Kepiting bakau

Keanekaragaman kepiting bakau di Indonesia hingga saat ini tercatat 99 Jenis. Kelompok ini paling banyak dijumpai di pesisir pantai Sumatra (90) dan paling sedikit di pesisir Papua. Jumlah ini belum dapat menggambarkan keanekaragaman kepiting bakau Indonesia secara keseluruhan.

e. Udang air tawar

Dari data yang terkumpul jenis udang air tawar di Indonesia tercatat 122 jenis. Jumlah paling banyak tercatat dari Sulawesi dan paling sedikit tercatat di Kalimantan dan Maluku (Gambar 34).

Dari suku Atyidae ditemukan 68 jenis, 52 jenis di antaranya ditemukan di Sulawesi. Dari data tersebut, 38 jenis atau 73%-nya adalah endemik pulau tersebut. Udang endemik tersebut hanya ditemukan di beberapa gua di daerah karst Maros dan danau-danau purba Malili (seperti Matano, Mahalona, Towuti, Masapi, dan Lantoa) di Sulawesi Selatan, Poso, dan Lindu di Sulawesi Tengah.

Lobster air tawar marga *Cherax* dari suku Parastacidae hanya ditemukan di Papua dan Kepulauan Aru. Walaupun secara administratif Kepulauan Aru termasuk Provinsi Maluku, tetapi secara geografi dan ditinjau dari sejarah geologinya kepulauan ini termasuk ke dalam gugusan Papua. Sejauh ini telah diketahui ada 16 jenis *Cherax* yang ditemukan di Papua (Indonesia) dari 18 jenis *Cherax* yang ditemui di seluruh pulau Papua (termasuk Papua Nugini).

f. Laba-Laba (Arachnida)

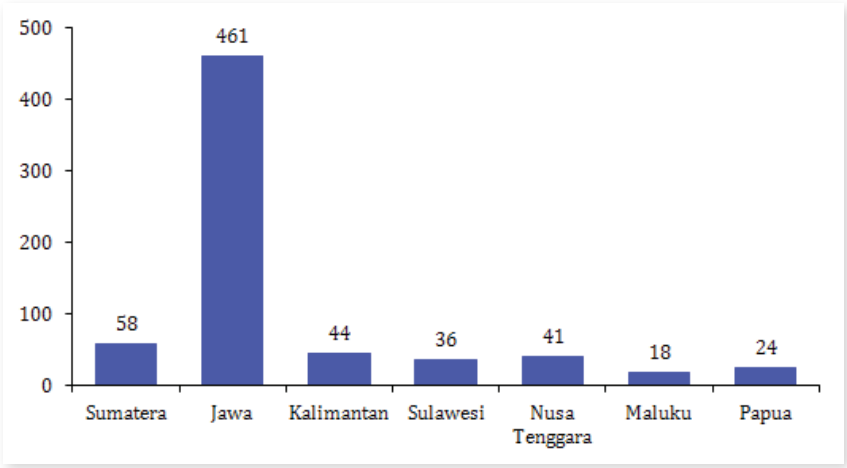
Arachnida merupakan salah satu kelas filum Arthropoda yang memiliki ciri tubuh terbagi dua bagian, *cephalothorax* dan *abdomen* dengan empat pasang kaki. Kelas Arachnida diwakili oleh kalajengking (*Scorpiones*), kalacuka (*Uropygi*), kalacemeti (*Amblypygi*),

UDANG AIR TAWAR YANG ENDEMIK DI DANAU TOWUTI

Foto: diambil dari Lukhaup 2009

(A) *Caridina glaubrechti*

(B) *Caridina woltereckae*



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

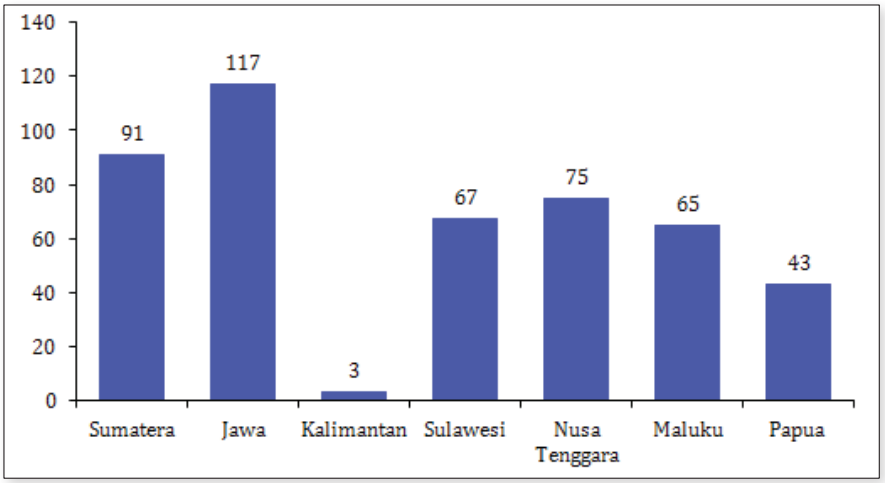
Gambar 35. Keanekaragaman jenis Arachnida di Indonesia

kalajengking palsu (*Pseudoscorpiones*), *Opiliones, Schizomida, Palpigradi, Solifugae, Acari,* dan laba-laba (*Araneae*).

Penelitian mengenai Arachnida belum banyak dilakukan di Indonesia sehingga data jenis yang tersedia belum terungkap lengkap. Di Indonesia, jumlah jenis Arachnida diperkirakan mencapai 2.489 jenis. Informasi keberadaan jenis Arachnida yang paling banyak berasal dari Jawa, dengan jumlah berkisar 461 jenis, sementara dari pulau lain masih belum terkumpul dengan baik. Dari kelompok Acari tentang suku Macrohelidae dan Ixodidae (Bangsa Mesostigmata) lebih lengkap dibandingkan suku lainnya. Dari kedua suku tersebut terekam jumlah jenis yang berasal dari Jawa (Gambar 35).

g. Ekorpegas (Collembola)

Collembola dahulu merupakan salah satu bangsa dari Hexapoda, tetapi sejak 1989 sudah dinyatakan terpisah sebagai kelas yang berdiri sendiri (Suhardjono *et al*. 2012). Kelompok ini hidup di berbagai macam habitat, tetapi sebagian besar hidup di tanah. Indonesia memiliki keanekaragaman sebanyak 20 suku dengan jumlah 1.500 jenis, namun baru 375 jenis yang telah teridentifikasi. Seiring dengan jumlah kajian penelitian dengan proporsi paling banyak dilakukan di Pulau Jawa maka tidak mengherankan jika jumlah jenis yang teridentifikasi paling banyak ada di Pulau Jawa (Gambar 36). Kelompok ini sangat penting dalam proses perombakan bahan organik di tanah. Oleh karena itu, Collembola juga sering dianggap sebagai kelompok penyubur tanah. Beberapa jenis Collembola rentan terhadap perubahan lingkungan dan ada juga yang dapat mengakumulasi logam berat di dalam ususnya. Karena kemampuannya tersebut tidak jarang Collembola dimanfaatkan sebagai bioindikator keadaan tanah.



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 36. Keanekaragaman jenis Collembola di Indonesia

Tabel 11. Daftar Bangsa Serangga Indonesia

No.	Bangsa	No.	Bangsa
1	Archaeognatha (= Microcoryphia)	16	Neuroptera - sayapjala
2	Blattodea - kecoa, cecunguk	17	Odonata - capung, capung jarum
3	Coleoptera - kumbang	18	Orthoptera - belalang, jangkrik
4	Dermaptera – cocopet	19	Phasmatodea - phasmatodean
5	Diptera - lalat, nyamuk	20	Phthiraptera - kutu busuk
6	Embioptera (=Embiidina)- embiopteran	21	Plecoptera - lalat batu
7	Ephemeroptera - lalat sehari-ephemeropteran	22	Psocoptera - kutu buku
8	Grylloblattodea – griloblatodean	23	Raphidioptera - rafidiopteran
9	Hemiptera - kepik, wereng, walang sangit	24	Siphonaptera - pinjal
10	Hymenoptera - lebah, tawon, semut, tabuhan	25	Strepsiptera- strepsiteran
11	Isoptera - rayap, laron	26	Thysanoptera - trip
12	Lepidoptera - kupu-kupu, ngengat	27	Thysanura (=Zygentoma) - perak-perak
13	Mantodea - belalang sembah	28	Trichoptera - trikopteran
14	Mecoptera – mekopteran	29	Zoraptera- zorapteran
15	Megaloptera – megalopteran		

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

BEBERAPA JENIS KUPU-KUPU YANG DAPAT DITEMUKAN DI INDONESIA

Cethosia myrina | Trog brookiana | Trog pratorum

Foto: Peggie, Arsip foto Puslit Biologi-LIPI

h. Serangga (Insecta)

Menurut Nauman *et al*. (1991), serangga merupakan salah satu kelas dalam Arthropoda dengan jumlah bangsa sangat banyak. Di Indonesia tercatat ada 151.847 jenis atau 15% dari yang ada di dunia, yang termasuk dalam 30 bangsa (Tabel 11). Berdasarkan data serangga terkini di Indonesia.

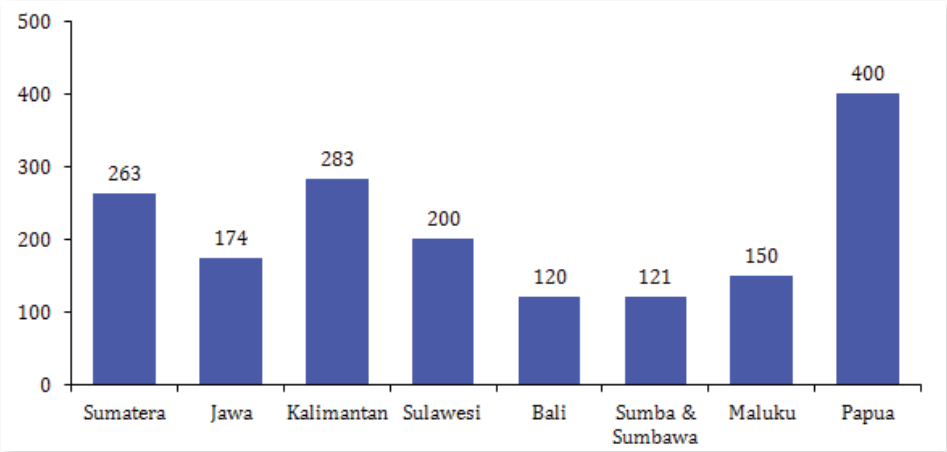
Kupu-kupu dan Ngengat (Lepidoptera)

Kupu-kupu

Kupu-kupu adalah anggota bangsa Lepidoptera yang aktivitas hidupnya dilakukan pada waktu siang hari. Kelompok ini dicirikan oleh kedua pasang sayap yang dilipat ketika hinggap. Di antara kelompok serangga, kupu-kupu memiliki data yang cukup lengkap. Hingga saat ini, di Indonesia tercatat ada 1.900 jenis atau 10,69% kupu-kupu dunia (17.700 jenis). Berdasarkan catatan yang ada, Nymphalidae merupakan suku dengan jumlah jenis terbanyak di Indonesia (650 jenis atau 34,21%), sedangkan paling sedikit adalah suku Riodinidae (40 jenis atau 2,11%). Sebaran jumlah jenis kupu-kupu yang ada di Indonesia terbanyak ada di Sumatra (890) diikuti Kalimantan (790), Jawa (640), Sulawesi (557), Papua (466), Maluku (380), dan kawasan Nusa Tenggara (350).

Ngengat

Ngengat atau kupu-kupu malam merupakan anggota bangsa Lepidoptera yang aktif pada waktu malam hari, sayap ngengat terbuka atau terentang. Jumlah jenis ngengat jauh lebih tinggi dibandingkan kupu-kupu. Banyak di antara jenisnya yang dalam fase larva menjadi hama penting tanaman pertanian. Kelompok ini belum memiliki data selengkap



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 37. Jumlah jenis Capung Indonesia

kupu-kupu siang. Hingga saat ini diperkirakan ada sekitar 12.000 jenis di Indonesia yang masuk ke dalam 55 suku atau sekitar 10% ngengat dunia yang berjumlah 123.738 jenis. Data yang cukup lengkap baru berasal dari kawasan Pulau Jawa dan Pulau Ternate karena survei yang cukup intensif dilakukan jumlah ngengat di Jawa tercatat ada 1.438 jenis, sedangkan di Pulau Ternate dijumpai 171 jenis. Dari sejumlah data ngengat yang ada, ternyata belum ada catatan ngengat berasal dari kawasan Nusa Tenggara karena keterbatasan ekspedisi ke kawasan tersebut. Jenis endemik untuk sementara baru terdata dari kawasan Papua.

Kumbang (Coleoptera)

Kumbang (Coleoptera) merupakan bangsa paling besar dengan jumlah jenis terbanyak. Di dunia diperkirakan ada sekitar 260.706 jenis dan di Indonesia yang tercatat hingga saat ini ada 21.758 jenis dari 91 suku atau sebesar 8,34% jumlah di dunia. Jumlah yang tercatat ini tergolong sangat sedikit karena banyak jenis yang masih belum teridentifikasi. Tingginya jumlah jenis ini dapat dibuktikan dari hasil ekspedisi beberapa kali seperti ekspedisi Mekongga Sulawesi Tenggara pada luasan yang terbatas dapat diperoleh sekitar 997 jenis. Tingginya jumlah jenis pada luasan area yang terbatas, seperti Mekongga (Sulawesi) tersebut mengindikasikan bahwa keanekaragaman Coleoptera sangat melimpah.

Capung dan Capung jarum (Odonata)

Keanekaragaman capung di Indonesia diperkirakan sebanyak 1.287 jenis. Sekitar 500 jenis di antaranya dapat dijumpai di kawasan Sunda besar (Gambar 37). Jumlah jenis endemik Indonesia belum terdata sempurna, namun hingga saat ini data yang terkumpul mengindikasikan bahwa tercatat ada 24 jenis.

Lalat (Diptera)

Lalat (Diptera) di dunia mencapai sekitar 144.377 jenis dari 156 suku, sedangkan di Indonesia berdasarkan pendataan Oosterbroek (1998) dan data baru setelah masa tersebut diperkirakan ada 27.694 jenis dari 109 suku. Data yang terkumpul menunjukkan bahwa di Indonesia memiliki angka keanekaragaman tinggi walaupun belum dilakukan eksplorasi secara intensif,

Foto: Suwito 2010

Gambar 38. Jenis baru lalat buah, (A) *Drosophila* (*Drosophila*) *barobusta* dan (B) *Drosophila* (*Drosophila*) *baliensis*

tetapi data Diptera Indonesia belum dapat diungkapkan secara rinci. Beberapa jenis baru dapat dijumpai dalam penelitian tiga tahun terakhir ini (Gambar 38) dan masih banyak kandidat jenis baru yang dalam penyelesaian untuk publikasi.

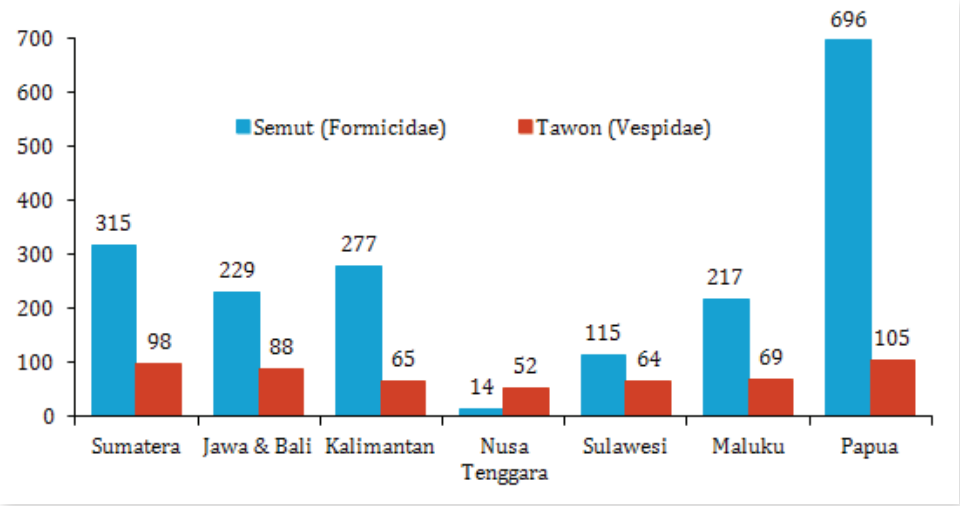
Hymenoptera

Semut dan Tawon

Semut dan tawon merupakan kelompok serangga yang masuk dalam bangsa Hymenoptera yang banyak ditemukan di berbagai tipe habitat. Semut merupakan anggota suku Formicidae yang tercatat sekitar 1.863 jenis, sedangkan tawon suku Vespidae sebanyak 541 jenis di Indonesia dengan jumlah jenis terbesar ditemukan di Papua (Gambar 39).

Lebah madu

Lebah madu (*Apis*) di dunia ada tujuh jenis, enam di antaranya terdapat di Indonesia kecuali *Apis florea.* Dari enam jenis yang ada di Indonesia, *Apis mellifera* merupakan jenis introduksi. Jenis introduksi ini diperkirakan didatangkan melalui misionaris pertama kali ke Papua. Persebaran lebah madu di Indonesia berkaitan dengan perpindahan penduduk seperti transmigran. Masuknya *Apis cerana* (Gambar 40) ke Papua membawa dampak buruk terhadap *A. mellifera* yang sudah ada lebih dahulu karena *A. cerana* membawa tungau *Varoa jacobsoni* yang juga menjadi musuh atau



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 39. Jumlah jenis tawon dan semut di Indonesia

Foto: Arif 2010

Gambar 40. Lebah sebagai polinator yang penting bagi tumbuhan

Tabel 12. Daerah Sebaran Lebah Madu di Indonesia

Jenis	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Bali	Lombok	NTB	NTT	Sulawesi	Papua
Apis dorsata	*	*	*	*	*	*	*	*	
Apis cerana	*	*	*	*	*			***	***
Apis andreniformis	**	*	*						
Apis nigrocincta								*	
Apis koschevnikovi	****	*	*						
Apis mellifera	***	***	***	***				***	***
*dijumpai	**langka	***introduksi	****Punah						

sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Foto: Darmawan 2014

Gambar 41. Jangkrik raksasa (*Sea ferox*)

Tabel 13. Jumlah Jenis Orthoptera

No.	Suku	Jawa
1	Acridiidae	25
2	Gryllidae	13
3	Tettigonidae	12
4	Gryllacrididae	5
5	Tetrigidae	4
6	Rhaphidophoridae	3
7	Gryllotalphidae	2

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

membunuh *A. mellifera.* Keberadaan tungau tersebut pada *Apis mellifera* hingga saat ini menjadi problem utama dalam budi daya *A. mellifera* di Papua Nugini dan Australia. Status dan sebaran lebah madu Indonesia disajikan pada Tabel 12.

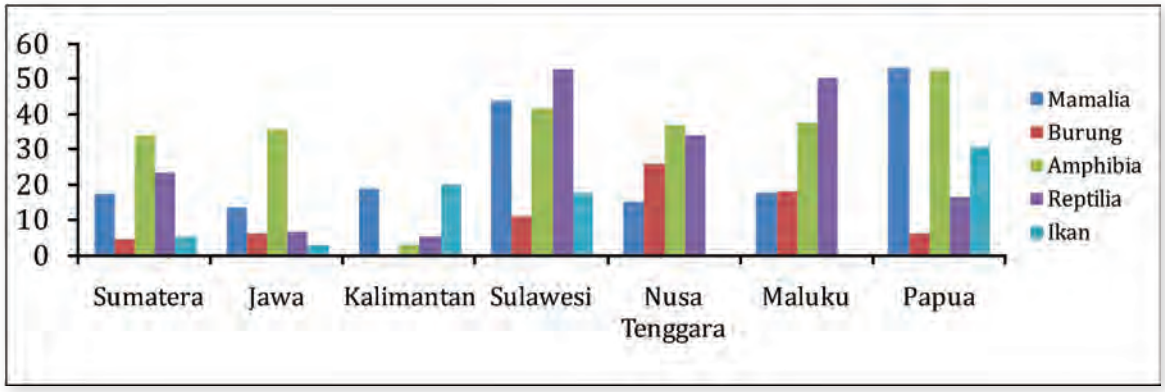
Orthoptera

Orthoptera merupakan kelompok serangga yang banyak ditemukan di berbagai tipe habitat dari hutan hujan tropik sampai kegelapan gua. Data yang tersedia tentang keanekaragaman Orthoptera di Jawa diwakili oleh tujuh suku. Dari tujuh suku tersebut, suku Acrididae memiliki jumlah jenis terbanyak (Tabel 13). Dari anggota Orthoptera, Indonesia memiliki beberapa jenis yang istimewa antara lain, jangkrik raksasa (*Sea ferox*) (Gambar 41) dan kecoa raksasa (*Miroblatta baai*) yang keduanya merupakan jenis terbesar di dunia dari kelompoknya.

3.2.1.3 Endemik dan Endemisitas Fauna

Indonesia merupakan kawasan yang memiliki jumlah jenis endemik yang sangat tinggi, terutama vertebrata.

Sampai saat ini diketahui mamalia endemik berjumlah sekitar 383 jenis, burung



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 42. Endemisitas fauna vertebrata Indonesia (%)

323 jenis, amfibi 160 jenis, reptilia 231 jenis, dan ikan air tawar 243 jenis. Sementara itu, kelompok invertebrata jumlah jenis endemik terlengkap datanya hanya kupu-kupu sekitar 656 jenis. Setiap kelompok takson pada masing-masing pulau di Indonesia menunjukkan angka tingkat endemisitas (dalam persentase) yang berbeda (Gambar 42).

1. Mamalia

Dari keanekaragaman mamalia di Indonesia (720 jenis), 383 jenis di antaranya endemik. Kawasan Papua memiliki jumlah jenis endemik tertinggi, yaitu 129 jenis dan secara berurutan, diikuti Sulawesi (90), Kalimantan (50), Sumatra (44), Maluku (25), dan Nusa Tenggara (19). Jika dihitung nilai endemisitasnya Papua memiliki nilai endemisitas tertinggi (53,11%) dan paling rendah adalah Jawa (13,47%).

Dari data mamalia endemik yang ada, banyak jenis mamalia yang hanya dijumpai atau terdistribusi di salah satu pulau kecil, seperti kelelawar (*Otomops johstonei*) (P. Alor, NTT), lutung joja (*Presbytis potenziani*) (Kep. Mentawai), monyet boti (*Macaca togeanus*) (P. Togean, Sulawesi), dan kuskus obi (*Phalanger rothschildi*) (P. Obi, Maluku).

Terdapat perbedaan tingkat endemisitas antarpulau kecil dari mamalia yang dapat terbang dan yang memiliki daya jelajah sempit. Banyak jenis endemik yang hanya dijumpai di pulau-pulau kecil tertentu, seperti Pulau Flores yang memiliki endemisitas tinggi untuk kelompok tikus (36%) atau lebih tinggi dari pulau utama, seperti Sumatra, Jawa, dan Kalimantan. Kondisi yang sama untuk kelompok kelelawar pemakan serangga (Microchiroptera) endemisitas kelelawar pemakan serangga (20%) atau lebih tinggi dari pulau utama Sumatra dan Jawa (Maryanto & Higashi 2011).

(A) Foto: Beehler 2005 (B) Foto: Haryoko 2012

Gambar 43. Jenis baru burung (A) *Melipotes carolae* dari Papua yang dideskripsi tahun 2007 dan (B) *Tyto almae* yang ditemukan di Pulau Buru dan dideskripsi tahun 2013

Foto: Hamidy 2010

Leptobrachium waysepuntiense Hamidy & Matsui, 2010 (kodok seresah mata biru), kodok endemik yang baru ditemukan di tahun 2010 di Sumatra.

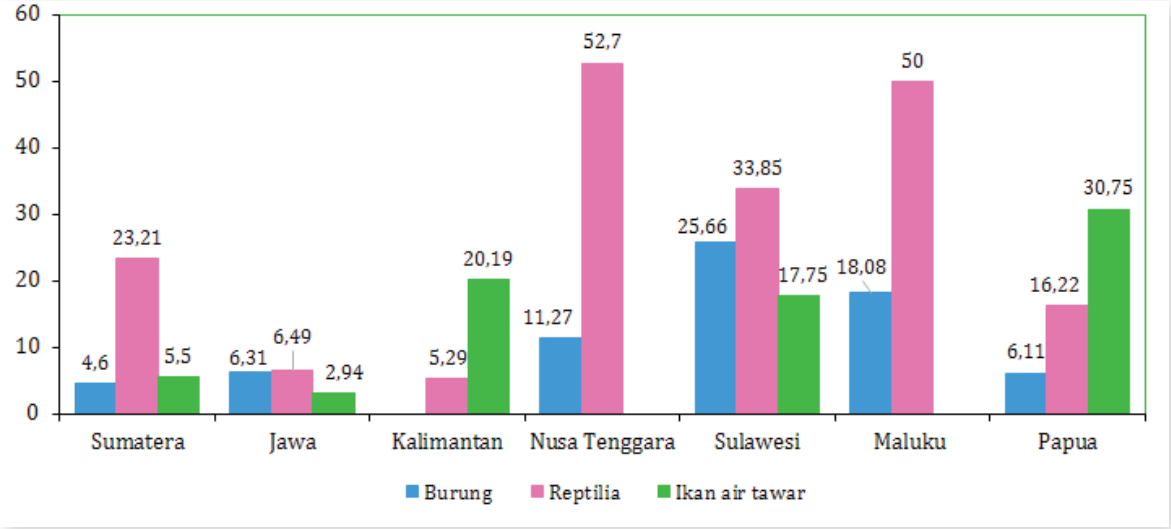
2. Burung

Indonesia memiliki keanekaragaman avifauna yang sangat tinggi. Kekayaan burung Indonesia terkait adanya tiga zona, yaitu zona oriental (Asia), zona Australasia, dan zona transisi yang fenomenal, yaitu zona Wallacea (MacKinnon *et al.* 1998, Coates & Bishop 1997, Behleer *et al.* 2007). Zona Wallacea memberi batas yang jelas antara komunitas burung Asia dan Australia.

Di Indonesia tercatat 1.605 jenis burung dengan variasi antarpopulasi yang dapat diidentifikasi sebagai anak jenis sebanyak lebih dari 3.000 anak-jenis. Dari jumlah tersebut, kekhasan evolusi morfologi dan genetika di wilayah kepulauan di Indonesia memunculkan jenis burung endemik.

Dalam rentang waktu 14 tahun terakhir (2000–2014), telah ditemukan empat jenis burung baru yang menyandang status endemik, yaitu *Melipotes carolae*, *Zosterops somadikartai*, *Otus jolandae*, dan *Tyto almae* (Gambar 43), yang semuanya dideskripsi oleh peneliti Indonesia dengan kerja sama dengan peneliti asing.

Berdasarkan kewilayahan administrasi Republik Indonesia, jumlah total burung endemik di Indonesia berjumlah



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 44. Tingkat endemisitas burung, reptil, dan ikan air tawar di tujuh pulau utama Indonesia

376 jenis (Sukmantoro *et al.* 2007). Dari jumlah tersebut, 323 jenis merupakan endemik pulau/kepulauan, sedangkan 53 jenis sisanya memiliki distribusi lebih dari satu pulau utama, namun masih dalam wilayah Indonesia. Tercatat endemisitas paling tinggi dijumpai di kawasan Sulawesi (107 atau 25,66%) diikuti untuk Maluku (66 atau 18,08%), Nusa Tenggara (47 atau 11,27%), Jawa (32 atau 6,31%), Papua (41 atau 6,11%), Sumatra (29 atau 4,60%), dan yang paling sedikit adalah Kalimantan (1 atau 0,19%) (Gambar 44).

3. Amfibi

Dari 385 jenis amfibi di Indonesia 41,55% (160 jenis) di antaranya tergolong endemik berdasarkan kawasan pulau utama. Tingkat endemisitas tertinggi 52,32% (79) dijumpai di kawasan Papua dan paling rendah adalah Kalimantan 2,72% (4). Dari jumlah jenis endemik tersebut, banyak di antaranya memiliki sebaran yang sangat terbatas di satu titik lokasi penemuan. Sebagai salah satu contoh adalah kodok *Leptophryne cruentata* yang endemik di Jawa Barat dan hanya dijumpai di kawasan Taman Nasional Gede-Pangrango, Salabintana, dan Taman Nasional Halimun-Salak, sedangkan kodok *Philautus jacobsoni* hanya dijumpai di kawasan dataran tinggi Ungaran, Jawa Tengah.

Jenis yang tertera di atas masuk dalam kategori kritis (*Critically Endangered*) menurut IUCN. Jenis lain yang mengkhawatirkan akan terjadi kepunahan adalah *Huia masonii* dan *Rhacophorus margaritifer*. Kedua jenis tersebut diketahui endemik Jawa dengan status rentan (*Vulnerable*) menurut IUCN. Salah satu penyebabnya kerentanan kedua jenis kodok yang disebut terakhir adalah persebarannya terbatas pada kawasan yang dikonservasi di Jawa.

Jenis endemik dengan sebaran sangat terbatas juga ditemukan di pulau seperti di Sumatra dan Kalimantan. Sebagai contoh di kawasan lahan basah Kaki Gunung Tujuh, Taman Nasional Kerinci Seblat, di lokasi ini terdapat enam jenis kodok endemik Sumatra, yaitu dua jenis dari suku Ranidae, *Huia sumatrana,* dan *Rana crassiovis*; empat jenis dari suku Rhacophoridae, *Rhacophorus achantharrhena*, *R. bifasciatus*, *R. catamitus*, dan *R. poecilonotus*.

Distribusi kodok *R. poecilonotus* hanya ditemukan di dua lokasi yang berdekatan, yaitu rawa kaki Gunung Tujuh (2 ha) dan Rawa Bento (2 km^2) dengan status genting dan populasi jenis kodok memenuhi kategori: CR B2 ab (iii). Contoh keberadaan satwa dengan sebaran terbatas juga terjadi di kawasan pulau-pulau kecil dan besar lainnya.

4. Reptilia

Dari 723 jenis reptilia Indonesia, ternyata 231 jenis atau 31,95% di antaranya merupakan jenis endemik. Reptilia yang ada di kawasan Nusa Tenggara memiliki endemisitas tertinggi (52,70%/39 jenis) diikuti kawasan Maluku

JENIS IKAN ENDEMIK DI DANAU SINGKARAK

Danau Singkarak terletak di Provinsi Sumatra Barat merupakan danau vulkanis dan mempunyai luas sebesar 122,20 km^2 dengan kedalaman maksimum 296 m dan kedalaman rata-rata sebesar 136 m. Sumber air Danau Singkarak berasal dari Sungai Sumpur yang masuk dari sebelah utara, Sungai Paninggahan sebelah barat, dan Sungai Sumani sebelah selatan. Sungai yang mengalirkan air danau keluar, satu-satunya adalah Sungai Ombilin, di mana hulu Sungai Ombilin terletak di Desa Ombilin, Kabupaten Tanah Datar.

Hulu sungai ini terletak di sebelah timur Danau Singkarak dan merupakan hulu Sungai Indragiri yang bermuara ke pantai timur (Provinsi Riau). Saat ini di Danau Singkarak sudah dibangun PLTA. Jenis ikan endemik Danau Singkarak adalah ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*) dan jenis-jenis ikan lainnya yang terdapat di danau adalah asang (*Osteochilus brachynopterus*), turiq (*Cyclocheillichthys*), dan sasau (*Hampala* sp). Sumber: Syandri (1996) dalam KLH (2008).

(50%/40 jenis), Sulawesi (33,85%/44 jenis), Sumatra (23,21%/52 jenis), Papua (16,35%/34 jenis), Jawa (6,49% /10 jenis), dan paling rendah Kalimantan (5,29%/12 jenis) (Gambar 44).

5. Ikan Air Tawar

Berdasarkan data yang ada tercatat bahwa 19,5% (243 jenis) ikan air tawar di Indonesia adalah endemik. Tingkat endemik paling tinggi tercatat di Papua, kemudian disusul Kalimantan, Sulawesi, Sumatra, dan yang paling rendah adalah Jawa (Gambar 44).

KLH (2008) mencatat bahwa 76% dari 68 jenis ikan yang ditemukan di danau di Sulawesi adalah endemik. Tercatat delapan jenis ikan endemik di Danau Poso, dan sekitar 27 jenis ikan endemik hidup di kompleks Danau Malili (Danau Matano, Mahalona, dan Towuti). Beberapa jenis ikan endemik yang terdapat di kompleks Danau Malili adalah *Nomorhamphus cf. brembachi* (Hemirhamphidae), *Oryzias matanensis* (Oryziidae), *Telmatherina antoniae, T. prognatha, T. opudi, T. sarasinorum, T. obscura, T. abendanoni, T. wahyuni, T. celebensis, Paratherina woltericki, P. striata, Tominanga aurea, T. sanguicauda* (Telmatherinidae) (Sulistiono *et al*. 2005 dalam KLH 2008).

6. Krustasea

Tingkat endemisitas krustasea air tawar Indonesia yang disajikan di bawah ini belum sepenuhnya menggambarkan kondisi sebenarnya. Selain taksonomiwan yang membidangi taksa ini sangat sedikit, juga data yang tercantum di bawah ini terpengaruh pula dengan daerah jelajah ekspedisi yang belum menyeluruh ke semua kawasan nusantara. Sampai dengan tahun 2014 tercatat endemisitas krustasea air tawar paling tinggi di Indonesia adalah kawasan Sulawesi diikuti oleh Kalimantan, Papua, Sumatra, Jawa, Nusa Tenggara, dan paling rendah Maluku (Tabel 14).

Seiring dengan jumlah endemisitasnya, maka banyak jenis krustasea air tawar yang perlu mendapatkan prioritas konservasi karena kondisi kawasan dan populasi saat ini yang sangat mengkhawatirkan. Dari data yang tersedia, kawasan yang perlu mendapatkan prioritas konservasi di antaranya adalah Sulawesi karena jumlah jenis yang perlu dilindungi atau dikonservasi sebanyak 26. Perlindungan konservasi lainnya yang sangat mendesak adalah untuk kawasan Jawa (4), Sumatra, Kalimantan, dan Bali (2), sedangkan Maluku dan Papua (1) (Tabel 15).

Tabel 14. Endemisitas Krustasea Air Tawar

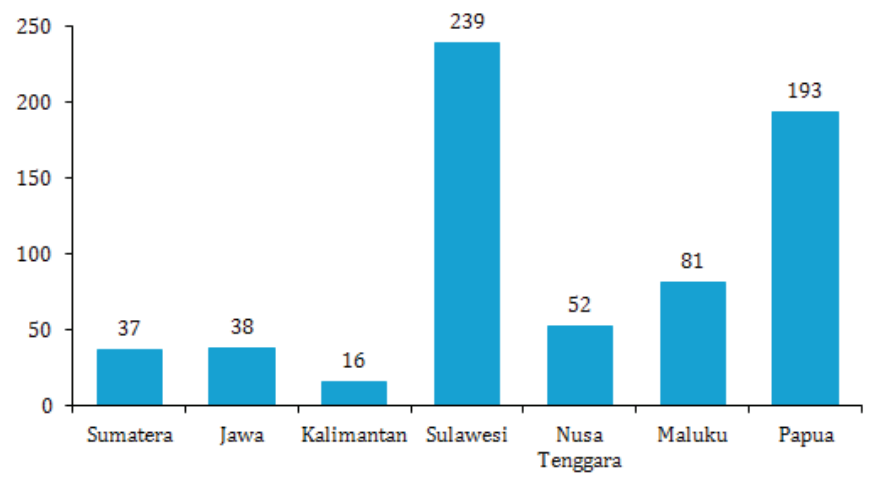
	Sumatra	Jawa	Kalimantan	Sulawesi	Nusa Tenggara	Maluku	Papua
Jumlah Jenis	56	38	42	91	23	20	62
Endemik	22	11	25	65	6	3	34
Endemisitas (%)	39,28	28,95	59,52	71,43	26,09	15	54,83

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Tabel 15. Prioritas Jenis Krustasea untuk Mendapatkan Perlindungan

Jenis	Sumatra	Jawa	Kalimantan	Sulawesi	Bali	Maluku	Papua
Caridina dennerli				x			
Caridina glaubrechti				x			
Caridina holthuisi				x			
Caridina lanceolata				x			
Caridina loehae				x			
Caridina profundicola				x			
Caridina spinata				x			
Caridina spongicola				x			
Caridina striata				x			
Caridina woltereckae				x			
Caridina caerulea				x			
Caridina ensifera				x			
Caridina longidigita				x			
Caridina sarasinorum				x			
Caridina linduensis				x			
Macrobrachium poeti		x					
Macrobrachium rosenbergii	x	x	x				
Macrobrachium spinipes				x		x	x
Macrobrachium sintangense	x	x	x				
Parathelphusa pantherina				x			
Parathelphusa ferruginea				x			
Syntripsa matannensis				x			
Syntripsa flavichela				x			
Nautilothelphusa zimmeri				x			
Parathelphusa sarasinorum				x			
Parathelphusa ceophallus				x			
Parathelphusa possoensis				x			
Parathelphusa linduensis				x			
Karstarma jacobsoni		x					
Karstarma microphthalmus				x			
Karstarma balicum					x		
Karstarma emdi					x		

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 45. Jumlah jenis kupu-kupu endemik di Indonesia

7. Kupu-kupu

Jumlah jenis kupu-kupu endemik dapat dilihat pada Gambar 45. Kupu-kupu Sulawesi menunjukkan tingkat endemisitas yang sangat tinggi, mencapai 42,9% (239 jenis endemik dari 557 jenis yang terdata). Tingginya endemisitas di Sulawesi hanya tertandingi oleh Papua yang mencapai 41,4% (193 jenis endemik dari 466 jenis yang terdata).

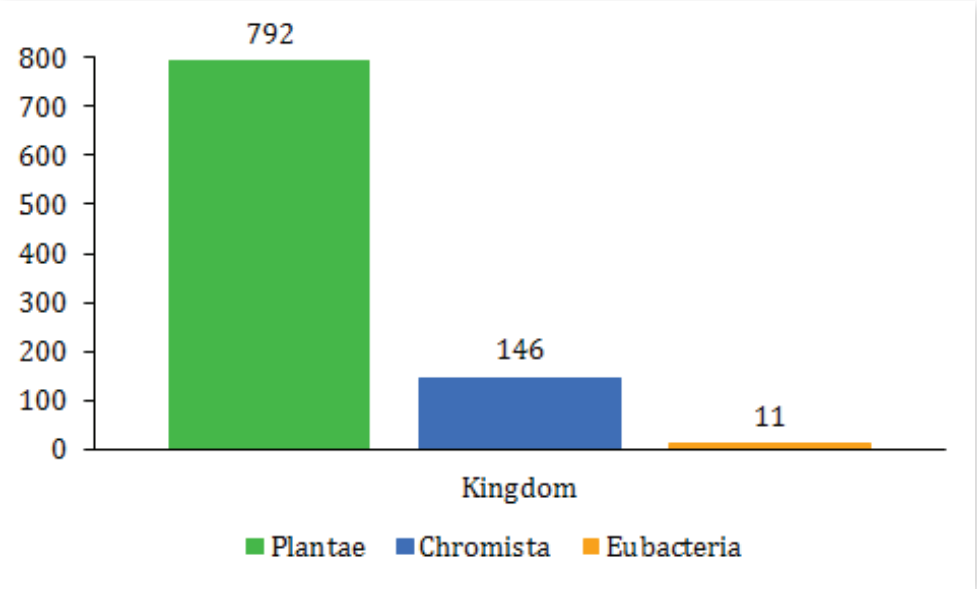
Endemisitas jenis kupu-kupu di Jawa tidak terlalu tinggi, yakni 5,9% (38 jenis endemik dari 640 jenis terdata), namun beberapa jenis kupu-kupu Jawa ini memerlukan perhatian khusus. Ada jenis endemik Jawa yang dalam survei 2004–2010 hanya dijumpai di satu atau beberapa kawasan, misalnya *Ixias balice* (suku Pieridae) yang hanya dijumpai di Nusa Kambangan dan *Euploea gamelia* (suku Nymphalidae) hanya ditemukan di Gunung Salak dan Gunung Ciremai. Bahkan ada juga jenis endemik Jawa yang belum tercatat lagi keberadaannya, seperti *Papilio lampsacus* (suku Papilionidae) dan kenyataan ini dapat mengindikasikan statusnya yang terancam punah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa TN Ujung Kulon, TN Gunung Ciremai, TN Gunung Halimun-Salak, dan Cagar Alam Nusa Kambangan menjadi hunian bagi banyak jenis kupu-kupu di Jawa. Data keanekaragaman kupu-kupu memberikan konfirmasi bahwa kawasan-kawasan konservasi ini perlu dipertahankan.

3.2.2 Alga

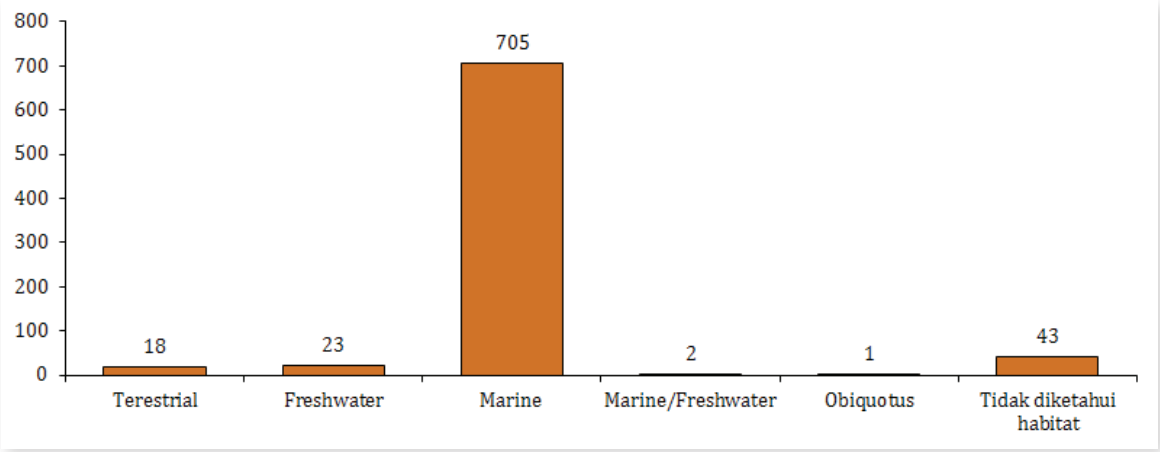
Alga atau dikenal dengan nama ganggang masih tergolong Eukaryotes, terbagi dalam empat kingdom, yaitu Bacteria/Eubacteria, Plantae, Chromista, dan Protozoa. Pada *database* alga yang disebut algaebase terdapat 15 filum dan 54 kelas. Dari hasil penelusuran pustaka dan data algaebase, alga dibagi dalam empat kingdom seperti yang tersebut di atas. Alga merupakan kelompok organisme tersendiri yang menghasilkan energi melalui fotosintesis. Alga umumnya bersifat autotrof (menyusun makanannya sendiri). Ada juga beberapa ahli yang membagi alga menjadi dua bagian besar, yaitu alga mikro dan alga makro. Alga mikro adalah alga yang berukuran kecil dari beberapa mikron hingga 100 µ dan hanya bisa dilihat dengan mikroskop. Golongan Eubacteria seperti Cyanobacteria, diatom, dan flagellate termasuk dalam *micro algae* (alga mikro). Alga makro atau *macro algae* adalah alga yang berukuran besar dan dapat dilihat tanpa menggunakan mikroskop. Alga makro terdiri atas berbagai warna termasuk warna hijau, merah, cokelat, dan biru. Tipe yang banyak dikenal dapat dibagi dalam tiga filum, yaitu Chlorophyta (berwarna hijau), Rhodophyta (berwarna merah), dan Phaeophyta (warna cokelat keemasan yang sering disebut sebagai Chromista). Di *database* alga disebutkan adanya tiga Kingdom, yaitu Plantae yang memasukkan Filum Charophyta, Chlorophyta, Rhodophyta; Kingdom Eubacteria yang memasukkan filum Cyanobacteria; dan Kingdom Chromista yang memasukkan filum Dinophyta dan Heterokontophyta. Ada juga yang berpendapat bahwa Chromista termasuk kelompok Phaeophyta (alga cokelat).

Jenis alga di dunia diperkirakan sebanyak 30.000 sampai lebih dari satu juta jenis. Dalam rangka mengetahui jumlah jenis di dunia, dibuatlah *database* alga (*www.algaebase.org*). Oleh sebab itu, ada juga beberapa ahli yang mengatakan bahwa di dunia terdiri atas 72.500 jenis alga, 44.000 jenis di antaranya sudah diterbitkan, dan 33.248 jenis sisanya masih diolah dalam Algaebase. Guiry (2012) menyebutkan bahwa filum Cyanobacteria atau alga biru hijau diperkirakan ada 5.000 jenis yang sudah dideskripsi dan 3.000 jenis lainnya belum terdeskripsi. Sementara itu, alga merah diperkirakan ada 7.000 jenis yang sudah terdeskripsi dan 7.000 jenis lagi yang belum terdeskripsi. Filum Charophytaceae terdapat 6.000 jenis yang sudah terdeskripsi dan 3.000 jenis yang belum terdeskripsi. Alga hijau (Chlorophyta) terdiri atas 8.000 jenis yang sudah terdeskripsi dan 5.000 jenis yang belum teridentifikasi. Berdasarkan beberapa pustaka dikatakan bahwa alga cokelat terdiri atas lebih dari 1.800 jenis di dunia. Chromista adalah termasuk Kingdom Eukaryotic terbesar yang dahulu termasuk Protozoa yang secara evolusi sangat berbeda dengan Kingdom Plantae dan Protozoa. Aslinya Chromista termasuk dalam tiga kelompok alga, yaitu Heterkonta (misalnya rumput laut cokelat, diatom, dan Chrysophyta), Haplophyta, dan Cryptomonada. Oleh sebab itu, di dunia dikenal adanya empat kingdom, yaitu Bacteria, Plantae, Chromista, dan Protozoa. Di Indonesia diperkirakan ada 1.500 jenis



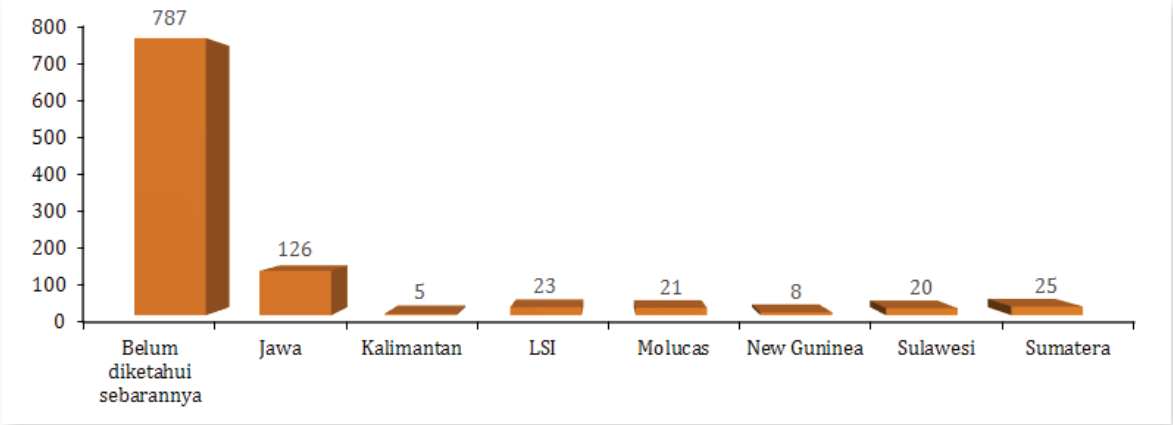
Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 46. Alga di Indonesia berdasarkan kingdomnya



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 47. Sebaran alga berdasarkan habitatnya



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 48. Sebaran jenis alga berdasarkan pulau di Indonesia

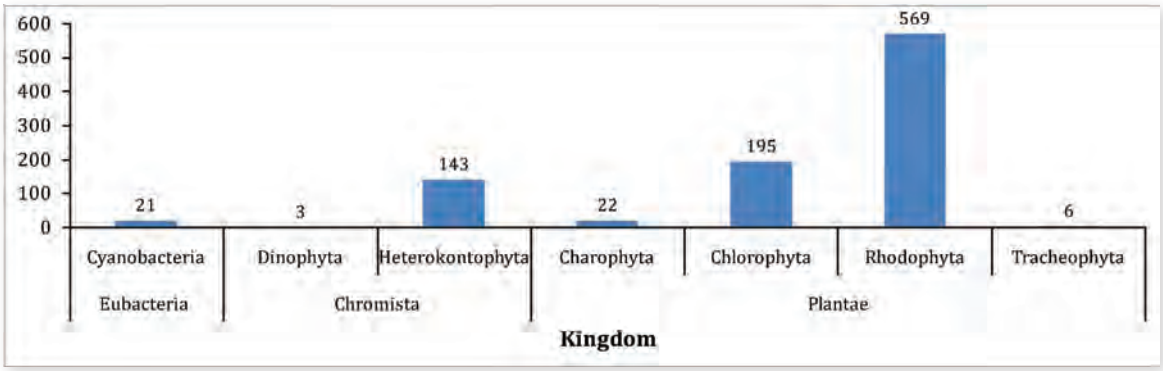
alga. Berdasarkan Algaebase dan beberapa pustaka serta spesimen herbarium, diketahui bahwa Indonesia memiliki 949 jenis alga yang terbagi dalam Kingdom Plantae, Chromista, dan Eubacteria (Gambar 46). Dari jenis yang ada di Indonesia, diketahui bahwa jenis alga tersebut tumbuh di daratan, perairan darat, laut, laut dan perairan darat, payau, obiquotus dan tanpa informasi seperti dapat dilihat pada Gambar 47. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa alga yang tumbuh di laut lebih banyak daripada yang tumbuh di darat ataupun tempat lainnya.

Dari Gambar 48 dapat dilihat sebaran alga di Indonesia, namun 787 jenis tidak diketahui dari mana diperoleh alga tersebut. Data alga yang terbanyak berasal dari Jawa. Eksplorasi alga di Indonesia dimulai sejak adanya Ekspedisi Sibolga sekitar tahun 1899 tentang alga di laut, diteruskan dengan Ekspedisi Danish di Kepulauan Kei, Ekspedisi Snellius II, dan Penelitian Buginesia III (Basmal 2001).

Pada Gambar 49, terlihat bahwa Filum Rhodophyta (Alga merah) dan Filum Chlorophyta (Alga hijau), dari Plantae mempunyai jenis terbanyak di Indonesia, sedangkan dari Kingdom Chromista, Filum Heterokontophyta memiliki jumlah jenis terbanyak. Agaknya ketiga filum tersebut Rhodophyta, Chlorophyta, dan Heterokontophyta merupakan filum penting dalam pembudidayaan rumput laut (Kadi 2004).

3.2.3 Flora

Flora adalah tumbuhan yang berada di suatu daerah pada suatu waktu tertentu, umumnya secara alami jenis yang termasuk di dalam flora adalah jenis asli bukan jenis introduksi. Kata flora berasal dari bahasa Latin yang



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 49. Jumlah alga berdasarkan filumnya

PERAN ALGA DALAM KEHIDUPAN

Alga kaya akan vitamin termasuk vitamin A, B_1, B_2, B_6, niacin, dan C serta kaya akan yodium, kalium, besi, magnesium, dan kalsium. Alga dapat digunakan sebagai bahan makanan, seperti agar-agar dan *kombu* di Jepang. Alga dapat juga digunakan sebagai bahan dalam proses pembuatan obat dan antibiotik, misalnya dalam pencegahan bakteri coli, sedangkan jenis lain dapat berfungsi sebagai antikoagulan darah, obat sakit ginjal, kandung kemih, dan paru-paru. Produk yang dihasilkan dari alga, seperti Spirulina, Chlorella, Suplemen Vitamin C, dan Dunaliela mempunyai beta karoten tinggi.

Selain itu, juga sebagai sumber utama energi makanan terutama pada alga yang hidup di sistem perairan. Alga mampu menyerap energi matahari yang kemudian akan diubah oleh alga menjadi sumber makanan bagi para mahkluk di perairan sehingga berguna bagi keberlangsungan kehidupan binatang di perairan tersebut. Alga juga bisa berfungsi sebagai pakan ternak dan juga bahan pembuatan pupuk karena alga memiliki kandungan posfor yang tinggi dan unsur lain. Alga pun bisa digunakan dalam penanggulangan limbah dan reklamasi tanah dalam usaha memperluas tanah pertanian dan memanfaatkan tanah yang kurang berguna menjadi tanah pertanian.

artinya adalah dewa tumbuhan, bunga, dan kesuburan dalam mitos Romawi.

Tumbuhan yang dikelompokkan dalam flora dibagi berdasarkan wilayah, waktu, lingkungan, atau iklim. Pembagian berdasarkan wilayah dibedakan secara geografi misalnya gunung dan dataran. Flora dapat juga berarti tumbuhan yang hidupnya sudah lampau, misal fosil flora. Dengan demikian, flora dapat dibagi dalam tiga kategori utama, yaitu flora asli merupakan tumbuhan asli berasal dari lokasi tersebut; tanaman pertanian merupakan tumbuhan yang sudah ditanam manusia atau dibudidayakan termasuk tanaman perkebunan, hortikultura, dan sayuran; dan gulma merupakan tumbuhan yang tidak dikehendaki keberadaannya, seperti jenis invasif.

Tumbuhan yang bereproduksi dengan spora tanpa bunga dan biji termasuk dalam golongan Kriptogam (Cryptogamae). Adapun tumbuhan yang reproduksinya dilakukan tidak dengan spora disebut Spermatophyta. Tumbuhan yang digolongkan dalam Spermatophyta adalah Gymnospermae dan Angiospermae.

Berdasarkan beberapa informasi, jumlah tumbuhan di dunia diperkirakan mencapai 258.650 jenis, tidak termasuk jumlah jenis kriptogam.

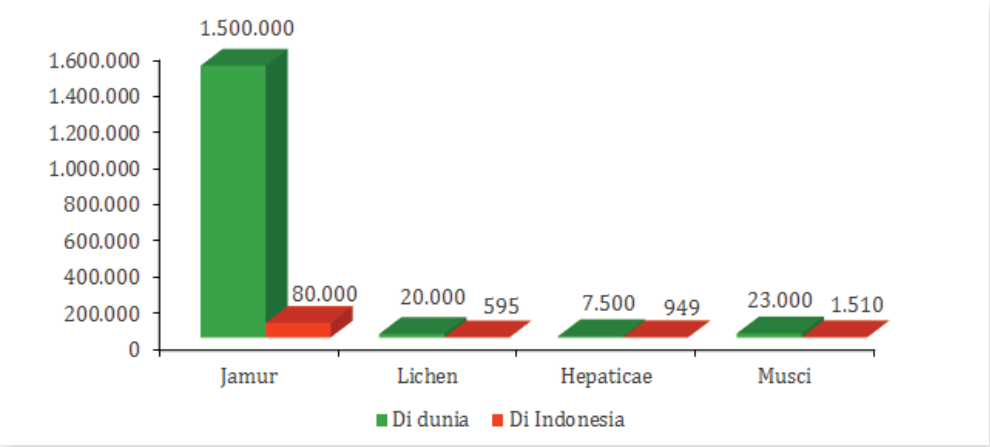
3.2.3.1 Tumbuhan Berspora

Tumbuhan berspora adalah tumbuhan yang memiliki spora yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan. Tumbuhan yang masuk dalam kelompok berspora adalah Kriptogam dan paku-pakuan. *Cryptogamae* berasal dari kata *Cryptos* berarti tersembunyi dan *gamein* artinya kawin sehingga *Cryptogamae* berarti reproduksi yang tersembunyi, dengan kata lain Kriptogam (*Cryptogamae*) merupakan tumbuhan yang tidak menghasilkan biji. Dalam Kriptogam termasuk di antaranya alga, lumut kerak (*lichens*), lumut (*mosses*): lumut hati (*hepaticae*), dan lumut (*bryophyte*), serta paku-pakuan.

1. Kriptogam

Kriptogam atau biasa disebut dengan tumbuhan rendah meliputi jamur, lumut kerak, dan lumut, ketiganya sangat mudah ditemukan. Namun, di Indonesia ketiga tumbuhan rendah tersebut tidak banyak diketahui keanekaragamannya dan kurang mendapat perhatian dibandingkan kelompok tumbuhan lainnya.

Berdasarkan data Herbarium Bogoriense dan pustaka yang memuat jenis-jenis kriptogam di Indonesia, diketahui jumlah jenis kriptogam di Indonesia masih sangat sedikit dibandingkan dengan perkiraan jumlah jenis yang ada di dunia. Sebagai contoh, jumlah jamur di dunia diperkirakan sebanyak 1.500.000 jenis (Hawksworth 1991), yang terdiri atas semua kelompok jamur. Dari jumlah tersebut sekitar 750.000 jenis sudah dideskripsikan dan di dalamnya termasuk jamur makro dan mikro. Indonesia diperkirakan mempunyai 80.000 jenis jamur, yang terdiri atas 80% jamur mikro (sekitar 64.000 jenis) dan 20% jamur makro (sekitar 16.000 jenis). Dari 16.000 jenis jamur makro, baru terungkap sekitar 864 jenis dari kelompok



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014

Gambar 50. Keanekaragaman jenis kriptogam di Indonesia yang sudah terungkap

Basidiomycota dan sekitar 336 jenis dari kelompok Ascomycota. Seperti halnya dengan jamur, informasi keanekaragaman kriptogam lainnya juga masih sedikit diketahui keberadaannya di Indonesia (Gambar 50).

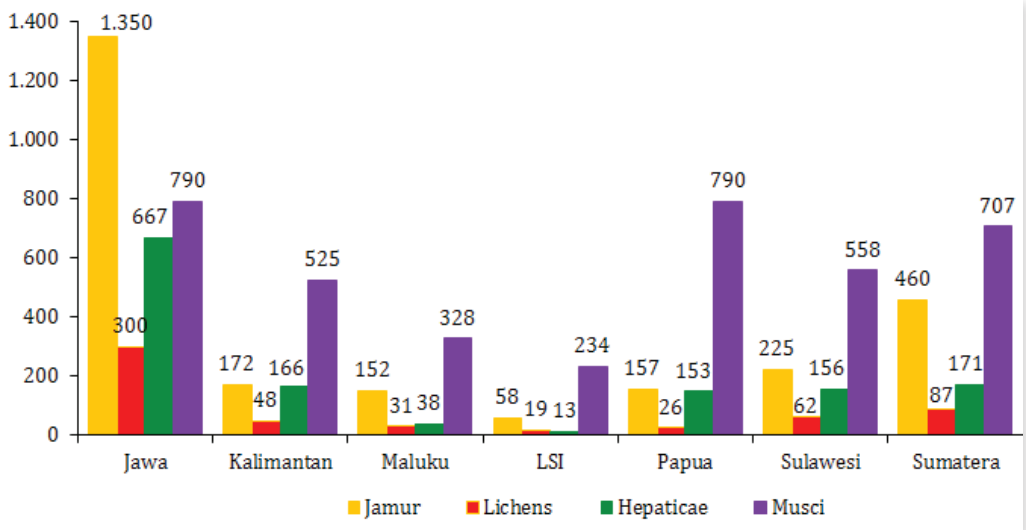
Eksplorasi kriptogam di seluruh Indonesia harus secepatnya dilakukan karena hilangnya tumbuhan rendah ini seiring dengan hilangnya hutan yang semakin cepat. Selain itu, juga dapat mengungkapkan potensi kriptogam sebagai sumber alternatif masa depan atau potensi lain yang penting bagi manusia. Sebagai daerah yang belum tereksplorasi sepenuhnya, kemungkinan didapatnya jamur jenis baru sangat tinggi. Sebagai contoh, diperkirakan 30% jamur yang diinventarisasi di daerah yang belum dieksplorasi adalah baru bagi dunia ilmu pengetahuan. Hipotesis ini didukung oleh data penelitian beberapa marga di beberapa daerah yang belum pernah dieksplorasi. Monografi marga *Marasmius* di Jawa dan Bali menunjukkan 12 dari 34 diketahui sebagai jenis baru (Desjardin *et al.* 2000). Hasil yang sama juga diperoleh pada penelitian jamur-jamur berspora putih di Malesia, yang 132 dari 168 taksa (78%) adalah jenis baru (Corner, 1996).

Apabila dicermati jumlah jenis pada jamur, lumut kerak, dan Musci terjadi penurunan dari tahun 2011 (Widjaja *et al.* 2011) dengan data yang ditampilkan tahun 2013. Penurunan jumlah jenis ini dikarenakan banyaknya nama jenis yang belum tervalidasi sesuai dengan nama terbaru sehingga banyak nama yang sudah menjadi sinonim di tahun 2013. Perkembangan ilmu taksonomi yang dinamis menyebabkan perlunya validasi nama jenis sesuai dengan nama jenis terkini. Pada Gambar 51 pun tampak bahwa koleksi Musci dan Hepaticae lebih menonjol hampir di semua pulau, kecuali Nusa Tenggara. Jumlah seluruh jenis Jamur, Lichens, Hepaticae, dan Musci yang ada di Indonesia ditunjukkan dalam Gambar 51.

Penelitian Musci di Indonesia diawali oleh Fleischer (1904–1923) di Jawa yang mendata sebanyak kurang lebih 600 spesies Musci atau lumut sejati. Sementara itu, penelitian mengenai lumut hati atau Hepaticae di Indonesia diawali oleh Reinwardt dkk. (1824) yang mendeskripsi lima jenis Marchantia dan sekitar 57 jenis Jungermannia di Jawa. Penelitian kedua kelompok lumut ini lebih banyak ditemukan di kawasan Jawa bagian barat. Hal ini disebabkan Pulau Jawa bagian barat memiliki tingkat kelembapan yang relatif tinggi dibandingkan dengan bagian timur dengan curah hujan tahunan yang mencapai 4.500 mm, dan kedekatannya dengan lokasi pusat penelitian, yaitu Herbarium Bogoriense dan Kebun Raya Bogor.

a. Jamur

Berdasarkan klasifikasi terbaru, terdapat lima kelompok jamur, yaitu Chytridiomycota, Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota, dan Basidiomycota (Hibbett *et al.* 2007). Berdasarkan bentuk badan buahnya, jamur dikenal dengan jamur makro dan jamur mikro. Jamur makro adalah jamur yang



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 51. Data kriptogam per pulau di Indonesia

badan buahnya langsung bisa dilihat tanpa menggunakan alat bantu, sedangkan jamur mikro adalah jamur yang badan buahnya tidak bisa dilihat tanpa menggunakan alat bantu. Jamur makro adalah anggota kelompok Ascomycota dan Basidiomycota, tetapi tidak semua anggota kelompok Ascomycota dan Basidiomycota adalah jamur makro. Informasi lengkap terkait dengan jamur mikro yang ada di Indonesia akan dibahas lebih lanjut, terutama jenis yang koleksinya disimpan dalam bentuk kultur.

Perkembangan penelitian jamur di Indonesia dimulai dari banyaknya eksplorasi di Jawa, terutama di Kebun Raya Bogor, Kebun Raya Cibodas, dan Taman Nasional Gede Pangrango. Ahli jamur Belanda, Hennings (1900), Overeem (1922), Boedijn (1940) mendeskripsikan banyak jamur makro dari ketiga lokasi penelitian tersebut. Setelah periode tersebut, penambahan material jamur di Herbarium Bogoriense sangat sedikit. Horak (1970–2001) dan Desjardin (1998–2001) juga mendeskripsikan beberapa jenis jamur makro dari Jawa dan Bali. Dengan banyaknya pulau tersebar di Indonesia, tidak ada keraguan lagi bahwa jamur-jamur penghuni bumi nusantara mempunyai keanekaragaman yang tinggi dan tidak kalah dengan jamur-jamur di negara tropik lainnya. Informasi keanekaragaman jamur di Indonesia masih sangat terbatas sehingga diperlukan eksplorasi lebih lanjut.

Data jumlah jenis jamur berdasarkan koleksi yang disimpan di Herbarium Bogoriense dan pustaka yang terkumpul pada tahun 2013 terbagi dalam jamur makro sebanyak 1.200 jenis, meliputi jenis anggota Ascomycota (336) dan Basidiomycota (864). Selain jamur makro, terdapat juga jamur mikro yang disimpan beserta inangnya sebanyak 881 terdiri atas (Ascomycota (835), Glomeromycota (30), Zygomycota (11), dan Chytridiomycota (5). Jumlah jenis jamur makro dan mikro terbanyak adalah di Jawa sebanyak 1.350 jenis dan paling sedikit dari Kepulauan Sunda Kecil sebanyak 58 jenis. Beberapa jamur yang terdapat di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 52.

Foto: Retnowati 2013, 2013, 2011, 2013, 2011, 2013 (searah jarum jam)

Gambar 52. Jamur yang dapat ditemukan di Indonesia (searah jarum jam) (A) *Marasmius* sp.; (B) *Collybia* sp.; (C) *Boletus* sp.; (D) *Marasmiellus* sp.; (E) *Marasmius aurantiobasalis*; dan (F) *Hidropus* sp.

MANFAAT JAMUR

Masyarakat Indonesia umumnya mengenal jamur yang sudah dibudidayakan dan banyak dijual di pasar. *Termitomyces* atau jamur rayap sangat biasa di Indonesia dan termasuk kudapan yang paling digemari masyarakat. Selain *Termitomyces*, beberapa jamur yang ditemui di alam dan biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia adalah jenis anggota *Lactarius*, *Russula*, dan *Cantharellus*. Dalam perkembangannya, masyarakat Indonesia juga mengenal jamur-jamur yang berbadan buah, baik jamur asli Indonesia (*Volvariella volvacea*) maupun yang berasal dari budi daya luar, seperti *Agaricus bisporus* dari Eropa, *Pleurotus ostreatus* dari China, dan *Lentinus edodes* dari Jepang. Selain itu, masih banyak macam jamur dari alam yang bisa dikenalkan dan dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Selain jamur-jamur tersebut, Bisema (1968) melaporkan jenis-jenis jamur lain yang bisa dimakan sebanyak 51 jenis jamur dari beberapa kelompok jamur Basidiomycota dan Ascomycota.

Selain dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, jamur juga digunakan sebagai bahan obat. Lingzhi (*Ganoderma lucidum*) diketahui sebagai obat antikanker. Beberapa jenis *Cordyceps* juga dimanfaatkan sebagai bahan obat yang mengatur sistem **kekebalan tubuh, antitumor** atau **menghambat sel tumor, dan penyakit jantung**. Salah satu jamur makro yang belum digali manfaatnya adalah jamur-jamur penyebab halusinasi, antara lain *Psilocybe*, *Panaeolus*, *Pluteus*, *Gymnopilus*, *Conocybe*, dan *Inocybe* (Stamets 1996). Dari keenam marga jamur tersebut, *Psilocybe* paling banyak dikenal orang. *Psilocybe* dan beberapa marga jamur penyebab halusinasi mengandung psilocybin dan psilocin yang merupakan kandungan utama pada jamur penyebab halusinasi. Saat ini, kedua komponen yang nama kimianya adalah *4 hydroxylated N-dimethyltryptamine* (Benjamin 1995) tersebut mulai dipakai oleh salah satu perusahaan obat di Swiss sebagai bahan utama pembuatan obat penyebab halusinasi (*psychedelics*).

Psilocybe diketahui tumbuh di kotoran hewan, lumut, ranting, daun, atau kayu yang busuk, dan habitat tersebut sangat mudah ditemui di Indonesia. Dengan eksplorasi yang intensif, jenis-jenis *Psilocybe* lainnya dipastikan akan ditemukan.

b. Lichens

Lumut kerak (Lichen) adalah organisme simbiosis antara jamur dan alga hijau (*Cyanobacteria*). Lumut kerak menyebar di mana-mana dan diketahui beberapa jenisnya merupakan indikator terjadinya polusi udara. Pohon yang ditumbuhi banyak lumut kerak menandakan udara belum tercemar, sedangkan pohon tanpa lumut kerak menandakan udara mulai tercemar.

PERAN LICHEN SEBAGAI BIOINDIKATOR

Beberapa marga Lichen yang diketahui jenisnya berfungsi sebagai indikator ada tidaknya polusi udara, antara lain *Parmelia*, *Evernia*, *Lecanora*, *Usnea*, *Physcia*, *Lobaria*, *Sticta*, *Ramalia*, dan *Lepraria*. Selain sebagai indikator polusi, lumut kerak juga dimanfaatkan sebagai bahan obat. *Usnea dayspoga* digunakan sebagai bahan obat antikanker dan berdasarkan data jenis lumut kerak di Indonesia, jenis ini tersebar di Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Jenis *Usnea* lain dimanfaatkan sebagai campuran obat godogan dan di beberapa daerah di Indonesia beberapa jenis anggota marga *Usnea* sering disebut dengan kayu angin. Di samping itu, *Lobaria pulmonaria* juga digunakan sebagai bahan obat penyakit paru-paru.

Jumlah jenis lumut kerak di dunia yang diketahui adalah sekitar 20.000 jenis. Berdasarkan data pada tahun 2013, dilaporkan sebanyak 595 jenis dilaporkan dari Indonesia, yang terbanyak 300 jenis dari Jawa, dan terkecil 19 jenis dari Kepulauan Sunda Kecil (LSI). Dari total jumlah jenis di Indonesia tersebut, sekitar 330 jenis koleksinya disimpan di Herbarium Bogoriense. Jumlah jenis Indonesia yang terdeskripsi baru mencapai 3% dari jumlah jenis yang ada di dunia.

c. Lumut

Lumut merupakan sekumpulan tumbuhan rendah yang termasuk dalam kelompok tumbuhan berklorofil. Lumut merupakan tumbuhan pelopor karena tumbuhan ini dapat tumbuh di suatu tempat sebelum tumbuhan lain mampu tumbuh. Ini terjadi karena tumbuhan lumut berukuran kecil, tetapi membentuk koloni yang dapat menutup area cukup luas. Lumut juga memegang peranan yang sangat penting dalam ekosistem hutan, yaitu sebagai penyedia oksigen, penyimpan air karena sifat selnya yang menyerupai spons, dan sebagai penyerap polutan. Informasi yang berkaitan dengan potensi lumut belum tergali secara penuh.

Lumut banyak ditemukan tumbuh pada batang pohon, tanah, daun, bebatuan atau tempat-tempat lembap lainnya. Daun lumut tidak memiliki kutikula seperti daun tumbuhan tingkat tinggi yang menyebabkan pertumbuhan lumut dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya.

Secara taksonomi, lumut dapat dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan perawakannya, yaitu kelompok lumut hati (Hepaticae), lumut sejati (music/mosses), dan Anthocerotae. Anthocerotae umumnya dimasukkan dalam Hepaticae. Jenis-jenis lumut di dunia secara keseluruhan diketahui sebanyak 30.500 jenis yang terdiri atas Hepaticae sebanyak 7.500 dan Musci sebanyak 23.000 jenis. Jumlah jenis lumut di Indonesia diketahui baru sekitar 8% dari jumlah jenis yang ada di dunia.

Hepaticae atau lumut hati di Indonesia terutama Jawa telah dipelajari sejak sekitar 200 tahun yang lalu. Informasi mengenai lumut hati di Jawa terutama Jawa Barat lebih banyak dibandingkan dengan kawasan lain di Indonesia. Hal ini disebabkan antara lain pusat utama eksplorasi botani, yaitu Herbarium Bogoriense dan Kebun Raya Cibodas terletak di kawasan ini.

Daftar jenis Hepaticae yang pertama di Indonesia (Jawa) dibuat oleh Reinwardt *et al.* (1824) dan Nees von Esenbeck (1830). Penulis-penulis penting lain yang menerbitkan jenis-jenis Hepaticae, yaitu van der Sande Lacoste, Goebel, Schiffner, Verdoorn, dan Meijer. Sebagian besar jenis-jenis yang tercantum di dalam publikasi-publikasi tersebut sudah mengalami perubahan nama menjadi sinonim. Söderström *et al.* (2010) telah menerbitkan daftar jenis Hepaticae di Jawa dengan lengkap dan mencantumkan nama-nama terbaru beserta sinonimnya.

Musci (lumut sejati) dikenal juga dengan nama lumut daun, banyak ditemui di seluruh wilayah Indonesia. Saat ini jumlah jenis yang tercatat pada tahun 2013 sebanyak 1.510 jenis, yang sebagian besar tidak hanya dijumpai di

BEBERAPA CONTOH JENIS LUMUT (GAMBAR)

Bryum cellulare

Lycopodium aduncum

Schistochila blumei

Treubia insignis

Foto: Haerida, 2011, 2011, 2011, 2012 (searah jarum jam)

satu pulau, tetapi juga ditemukan di beberapa pulau lain. Jumlah jenis terbanyak berasal dari Jawa (790 jenis), sedangkan jumlah terendah dari Kepulauan Sunda Kecil (234 jenis).

Berdasarkan jenis-jenis yang tersimpan di Herbarium Bogoriense dan pustaka yang ada, diketahui bahwa jenis-jenis Hepaticae terbanyak dikoleksi dari Jawa (667) dan jumlah jenis terkecil berasal dari Kepulauan Sunda Kecil (13). Kurangnya koleksi di daerah Kepulauan Sunda Kecil tidak menandakan bahwa daerah tersebut memang mempunyai jenis yang sangat sedikit, namun umumnya disebabkan kurangnya koleksi di daerah tersebut (Gambar 51).

2. Paku-pakuan

Paku-pakuan atau tumbuhan paku adalah sekelompok tumbuhan yang memiliki pembuluh kayu dan pembuluh tapis seperti halnya Spermatophyta, namun tidak menghasilkan biji. Kelompok ini masih menggunakan spora sebagai alat perbanyakan seperti halnya pada jamur, lichens, dan lumut.

Paku-pakuan di dunia diperkirakan ada 10.000 jenis dan 2.197 jenis tumbuh di Indonesia. Dilihat dari hasil koleksi paku di Indonesia, Sumatra memiliki jenis paku yang lebih banyak dibandingkan pulau-pulau lain. Namun, hal ini tidak berarti bahwa jenis ini di tempat lain sudah hilang atau sedikit (Gambar 53), tetapi disebabkan kurangnya eksplorasi yang dilaksanakan.

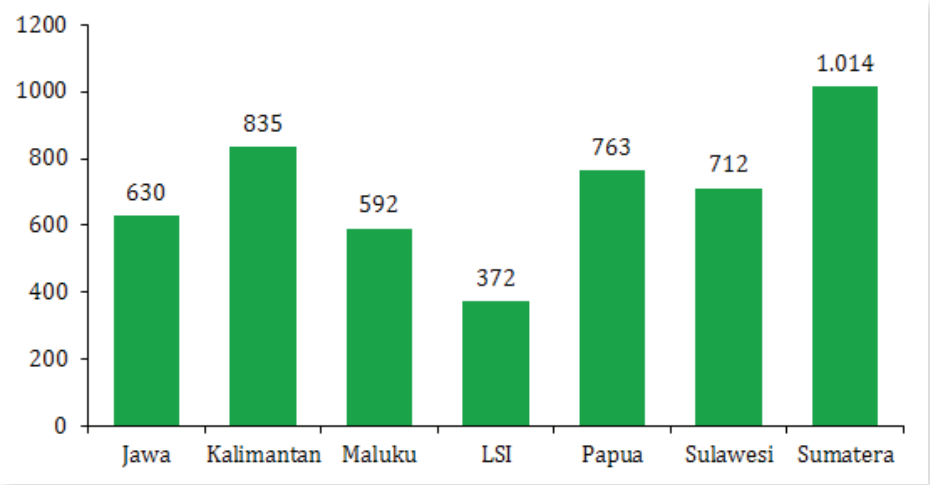
3.2.3.2 Spermatophyta

Spermatophyta atau Phanerogamae atau tumbuhan tidak berspora merupakan kelompok tumbuhan yang berbiji dan dibagi dalam Gymnospermae dan Angiospermae. Spermatophyta berasal dari akar kata sperma yang artinya biji dan phyton yang berarti tumbuhan. Indonesia diperkirakan mempunyai 30.000–40.000 jenis tumbuhan (15,5% dari total jumlah jenis tumbuhan di dunia) termasuk paku-pakuan dan Gymnospermae.

Pengungkapan data keanekaragaman tumbuhan berbiji (Spermatophyta) saat ini diperkirakan baru mencapai 50%. Data tersebut diperoleh dari spesimen Herbarium Bogoriense yang telah disusun dalam bentuk *database* (baru 50% dalam bentuk digital), pustaka (ceklist flora Indonesia, Flora Java, Flora Sulawesi, Flora Sumatra, Flora van Netherlands Indie, dan Flora Malesiana) dan informasi dari *database* herbarium lain seperti Herbarium Kew (K), Natural History Museum Netherlands (L), dan dari *database* dunia misalnya *e-monocot*, GBIF, dan *The Plant List*.

1. Gymnospermae

Gymnospermae, seperti tumbuhan berpembuluh lainnya mempunyai siklus hidup dengan sporofita. Gametofita (fase terbentuknya gamet) mempunyai fase pembentukan yang relatif lebih pendek. Ada dua tipe spora pada Gymnospermae, yaitu tumbuhan yang polennya dewasa dan menghasilkan sel sperma serta tumbuhan yang megasporanya



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 53. Histogram jumlah paku-pakuan di Indonesia tahun 2013

BEBERAPA JENIS BARU TUMBUHAN YANG BERHASIL DITEMUKAN OLEH PENELITI DARI PUSLIT BIOLOGI-LIPI

Foto: Girmansyah 2012

Impatiens kerinciensis

Foto: Keim 2012

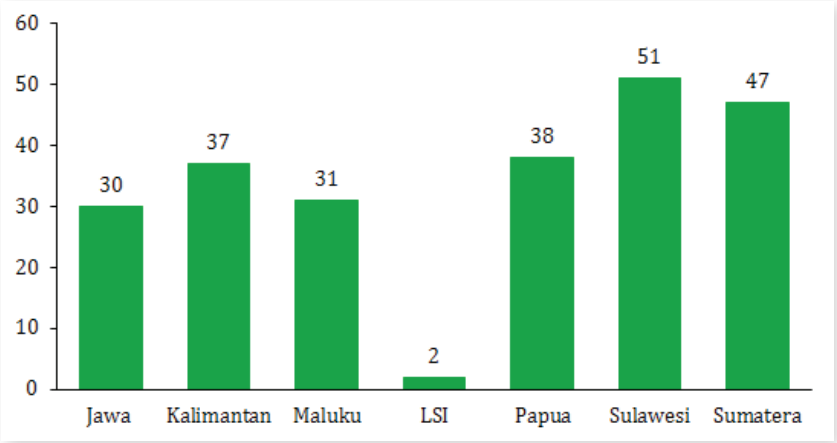
Freycinetia wamenaensis

Foto: Girmansyah 2011

Impatiens talakmauensis

Foto: Girmansyah 2008

Begonia watuwilensis



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 54. Histogram jumlah Gymnospermae di Indonesia per pulau

berkembang menjadi ovule. Oleh sebab itu, Gymnospermae tidak dimasukkan dalam golongan tumbuhan berspora, tetapi dimasukkan tumbuhan Spermatophyta.

Di dunia terdapat 14 suku, 88 marga, dan 1.000 jenis Gymnospermae, dan 6–8 suku di antaranya termasuk konifer dengan 65–70 marga dan 696 jenis yang malar hijau. Daun pada konifer biasanya berbentuk panjang, tipis, dan seperti jarum, misalnya Pinaceae. Namun, ada juga golongan konifer berdaun pipih, seperti sisik menyegitiga misalnya pada beberapa jenis Araucariaceae dan Podocarpaceae. *Agathis* yang termasuk suku Araucariaceae dan *Nageia* pada Podocarpaceae berdaun lebar, berbentuk pipih panjang. *Cycas* merupakan marga Gymnospermae yang paling tersebar meliputi 2–3 suku dengan 11 marga dan 300 jenis. Selain itu, suku Gnetaceae meliputi 75–80 jenis. Di Indonesia hanya terdapat sembilan suku Gymnospermae yang terdiri atas 120 jenis, walaupun di Herbarium Bogoriense tercatat mempunyai 10 suku dari 213 jenis, hal ini disebabkan ada spesimen yang berasal dari kawasan di luar Indonesia seperti Ginkgoaceae. Persebaran jenis-jenis Gymnospermae di Indonesia cukup luas, ada di Sulawesi, Sumatra, Papua, dan Kalimantan (Gambar 54). Bila ditinjau dari persebarannya tampaknya jenis *Gnetum gnemon* merupakan jenis yang tersebar luas di seluruh kawasan Nusantara, diikuti dengan jenis *Agathis borneensis*, *Cycas rumphii*, *Gnetum cuspidatum*, dan *Gnetum latifolium*, sedangkan bila ditinjau dari jenis endemiknya, ada 72 jenis Gymnospermae endemik di Indonesia dari 120 jenis yang terekam.

Selain *Gnetum gnemon* yang mempunyai persebaran luas, jenis-jenis yang termasuk Coniferae atau pohon malar hijau yang berbentuk kerucut. Banyak di antaranya sangat penting karena merupakan sumber bahan kertas, kayu lunak, bahan bangunan, bahan plastik, pernis, terpentin, damar, dan tinta cetak. Kelompok yang termasuk dalam Coniferae adalah suku Araucariaceae, Podocarpaceae umumnya tumbuh di dataran tinggi. Jenis-jenis seperti *Nageia wallichiana*, *Podocarpus neriifolius*, *Podocarpus polystachyus*, dan *Sundacarpus amarus* merupakan jenis-jenis yang umum tumbuh di Indonesia tengah dan timur, namun tidak diketemukan asli di Sumatra.

CONTOH TUMBUHAN KELOMPOK GYMNOSPERMAE

Foto: Supriyatna, Arsip foto Puslit Biologi-LIPI

Gnetum cuspidatum

2. Angiospermae

Angiospermae sering disebut juga sebagai tumbuhan berbunga dan merupakan kelompok tumbuhan yang sangat tersebar luas. Kelompok tumbuhan ini merupakan kelompok tumbuhan penghasil biji seperti gymnospermae, namun dapat dengan mudah dibedakan karena adanya sederet karakter yang jelas, seperti menghasilkan bunga, biji, dan buah yang terdiri atas banyak biji. Angiospermae berarti tumbuhan penghasil biji, yaitu kelompok tumbuhan yang menghasilkan biji dari sistem perbungaan.

Nenek moyang tumbuhan berbunga ini berasal dari Gymnospermae yang terjadi 200–250 juta tahun lalu dan tumbuhan berbunga pertama diketahui sekitar 160 juta tahun yang lalu.

Dalam *Angiosperm Phylogenetic Group*, kelompok monokot menjadi monofiletik, sedangkan kelompok dikotil menjadi parapiletik sehingga dalam uraian berikut ini tidak dibagi jelas antara monokot dan dikotil. Walaupun demikian, dapat dijelaskan bahwa tumbuhan monokot adalah tumbuhan berbiji

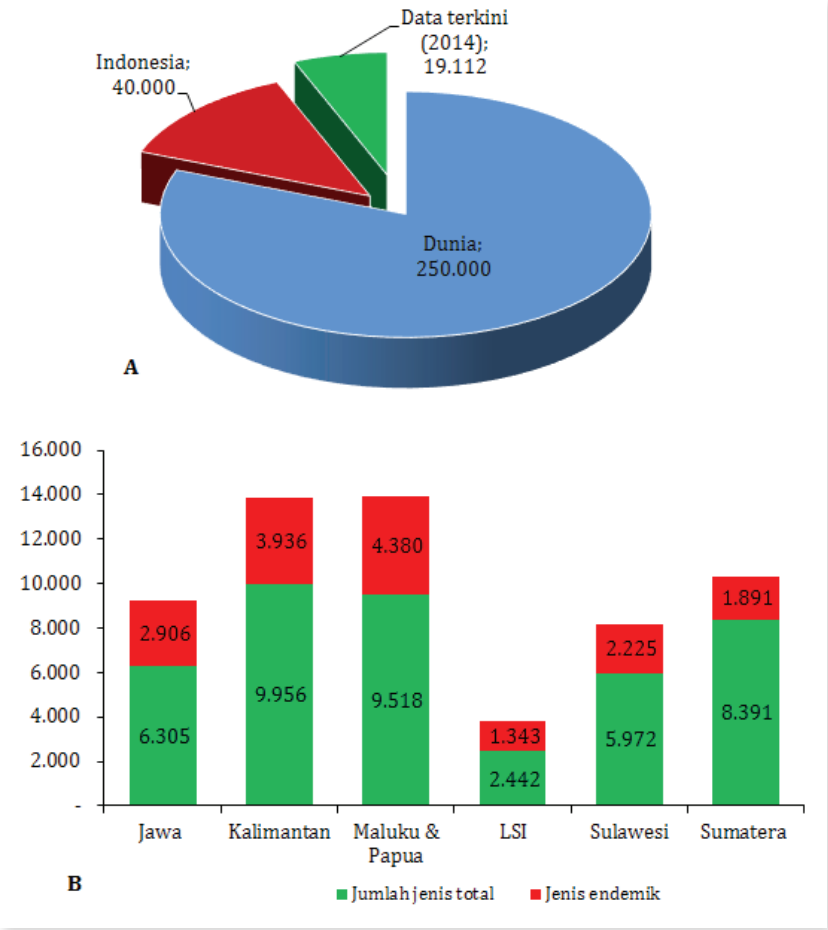
satu dengan daun yang lanset dan bertulang daun sejajar, sedangkan dikotil merupakan tumbuhan berbiji dua keping dengan daun yang lebih menjorong dan bertulang daun tidak sejajar, walaupun ada juga suku dikotil yang mempunyai tulang daun sejajar seperti pada Smilacaceae dan Piperaceae.

Tumbuhan berbunga lebih beraneka ragam dengan jumlah antara 250.000–400.000 jenis, sedangkan jumlah lumut lebih dari 30.000 jenis atau paku-pakuan yang terdiri atas 10.000 jenis. Persebaran tumbuhan berbunga tidaklah seragam, hampir 75% termasuk dikotil, 23% monokot, dan 2% magnoliid. Sisanya ada 250 jenis dalam 9 suku yang masih belum diketahui persebarannya.

Jumlah tumbuhan Angiospermae di Indonesia berkisar antara 30.000–40.000, namun data ini belum akurat dan masih perlu pengumpulan data dan validasi nama. Pada Gambar 55 di bawah ini tampak bahwa data yang sudah dihitung baru 50% dari total jumlah flora di Indonesia (19.112 jenis). Data spesimen herbarium ada 46.427 jenis, namun data ini termasuk jenis-jenis yang berasal dari kawasan lain, seperti China, Amerika Selatan, dan India. Selanjutnya, data jenis per pulau menunjukkan bahwa jumlah jenis di Kalimantan, Maluku, dan Sumatra merupakan jumlah tertinggi dibandingkan pulau lain (Gambar 55). Agaknya jumlah jenis di Jawa dan Sulawesi juga sudah mendekati jumlah maksimum, mengingat sudah sulit dijumpai jenis baru. Karena itu, daftar jenis Flora Jawa dan Sulawesi sudah bisa diterbitkan.

Data jenis tumbuhan yang ada saat ini masih bergabung dengan negara tetangga, misalnya data Kalimantan yang di dalam gambar disebutkan sebagai Borneo masih tergabung dengan data dari Sabah, Sarawak, dan Brunei. Demikian juga data dari Nusa Tenggara masih termasuk data dari Timor Leste dan data dari Papua masih tergabung dengan data dari Papua Nugini.

Selain itu, data flora masih bercampur dengan data jenis introduksi yang tumbuh



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 55. (A) Histogram jumlah jenis Angiospermae di Indonesia dan (B) Jumlah Angiospermae per pulau dan jumlah jenis endemiknya.

liar di Indonesia, baik sebagai gulma maupun bukan. Tidak mengherankan bila jumlah flora dapat bertambah dengan cepat karena masukan jenis introduksi yang semula digunakan sebagai tanaman hias, akhirnya menjadi tumbuh liar. Jenis introduksi untuk flora Indonesia harus didata dengan betul apabila akan dipisahkan.

Tanaman budi daya juga sudah menyatu dengan tanaman Indonesia sehingga kadang-kadang tidak jelas jenis mana yang pendatang dan mana yang asli. Jenis tanaman pendatang ini sengaja didatangkan ketika Eropa menjelajahi dunia, mereka juga sampai ke kawasan Asia Pasifik termasuk Indonesia. Dalam perjalanan penjajahannya, mereka mencoba membawa jenis-jenis tanaman bernilai ekonomi tinggi yang dibutuhkan orang Eropa antara lain kopi, teh, karet, cokelat, apel, dan sayuran lain yang dicoba ditanam secara besar-besaran. Akhirnya, tanaman tersebut ada di Indonesia dan sebagian besar masih dibudidayakan oleh masyarakat. Bahkan ada juga yang tumbuh liar, misalnya kopi, cokelat, dan jambu batu. Pada tanaman hias seperti kamboja juga sudah dimasukkan dalam *Flora of Java* sehingga dalam daftar Flora Indonesia saat ini, jenis introduksi masih terlibat di dalamnya. Pada tahun 1830, Teijsmann (sebagai Kepala Kebun Raya saat itu) diinstruksikan oleh Pemerintah Belanda untuk mencoba menanam berbagai tanaman buah-buahan dan pertanian, seperti kentang, wortel, alpukat, dan kol, di lereng kedua puncak Gede Pangrango di Ciawi (500 m), Cisaura

BEBERAPA JENIS TUMBUHAN KELOMPOK MONOKOT DI INDONESIA

Foto: Supriyatna, Puslit Biologi-LIPI

Perbungaan *Alpinia malaccensis*

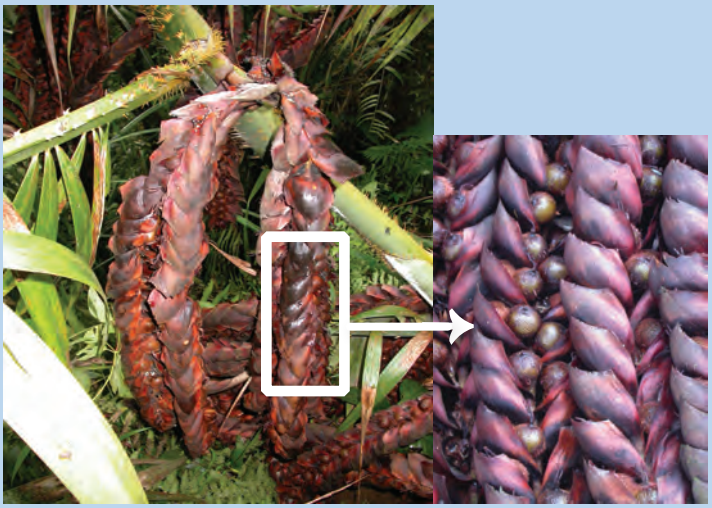


Foto: Rustiami 2005

Plectocomia elongata, salah satu jenis rotan yang dapat ditemukan di Gunung Slamet, Jawa.

Foto: Susanti 2011

Alpinia glabra salah satu contoh jenis herba dari marga Zingiberaceae

(900 m), Sindanglaya (1.200 m), Cipanas (1.100 m), Cibodas (1.450 m), Cibeureum (1.750 m), Kandang badak (2.450 m), dan bahkan di puncak G. Pangrango (3.023 m) (Steenis *et al.* 1972, 2006). Dari hasil percobaan ini diketahui bahwa Cipanas dan Sindanglaya merupakan daerah terbaik untuk pertumbuhan sayuran yang dibawa dari Belanda.

Pada Tabel 16 dijelaskan tentang jumlah jenis per pulau dan data endemiknya. Dari data tersebut tampak bahwa persentase endemisitas di setiap pulau rata-rata lebih

Tabel 16. Ekstrapolasi Jumlah Jenis Setiap Pulau dan Persentase Endemisitasnya

	Total jenis	Endemik	% endemik	Total ekstrapolasi	% ekstrapo-lasi endemik	Menurut MacKinnon *et al.* 1996
Jawa	6.305	2.906	46	5.922	2.730	4.500
Kalimantan	9.956	3.936	40	9.352	3.697	10.000–15.000
Maluku & Papua	9.518	4.380	46	8.940	4.114	15.000–20.000
LSI	2.442	1.343	55	2.294	1.262	?
Sulawesi	5.972	2.225	37	5.610	2.090	5.000
Sumatra	8.391	1.891	23	7.882	1.776	9.000

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

BEBERAPA CONTOH TUMBUHAN DARI KELOMPOK DIKOTIL

Foto: Supriyatna, Puslit Biologi-LIPI

Buah dari *Tabernaemontana sphaerocarpa*

Foto: Susanti 2012

Buah dari sumpit bulu (*Microcos* sp.)

Foto: Susanti 2012

Bunga dan buah durian burung (*Coelostegia griffithii Benth*). Pohon ini memiliki bunga dan buah yang tumbuh pada batang utama atau disebut sebagai *cauliflora*.

Foto: Susanti 2012

Bunga *Pternandra azurea*, perdu atau pohon kecil yang dapat ditemukan pada daerah yang agak terbuka.

dari 30%, bahkan di Kepulauan Sunda Kecil (LSI, Bali, dan Nusa Tenggara) mempunyai persentase endemisitas sangat tinggi (55%). Tingginya endemisitas juga dapat disebabkan koleksi di daerah tersebut kurang dilakukan sehingga dari data menunjukkan banyaknya jenis yang hanya ditemukan di satu lokasi. Setelah diekstrapolasi, jumlah prediksi jenis tumbuhan yang ada di Indonesia digunakan nilai 40.000. Apabila dibandingkan antara total jenis yang diperoleh saat ini dan total ekstrapolasi akan tampak bahwa umumnya jumlah jenis saat ini lebih besar daripada hasil ekstrapolasi. Hal ini karena jumlah jenis yang ada saat ini termasuk jenis yang diintroduksi dan mungkin tumbuh liar atau jenis yang sama juga tumbuh di pulau lain.

Jenis introduksi tersebut mungkin juga menjadi invasif, misalnya *Chimonobambusa quadrangularis* yang semula diintroduksi sebagai tanaman hias di Kebun Raya Cibodas, akhirnya tumbuh liar hingga ke Taman Nasional Gede Pangrango. Contoh lain misalnya *Chrysopogon gryllus* yang dimasukkan ke Indonesia untuk pakan ternak dan akhirnya tumbuh liar dan menjadi gulma di lahan pertanian. Jadi, andaikata jenis introduksi ini dihilangkan dari daftar jenis maka ada kemungkinan prediksi MacKinnon *et al*. (1996) benar. Masalah ini mungkin saja terjadi juga di pulau-pulau lain.

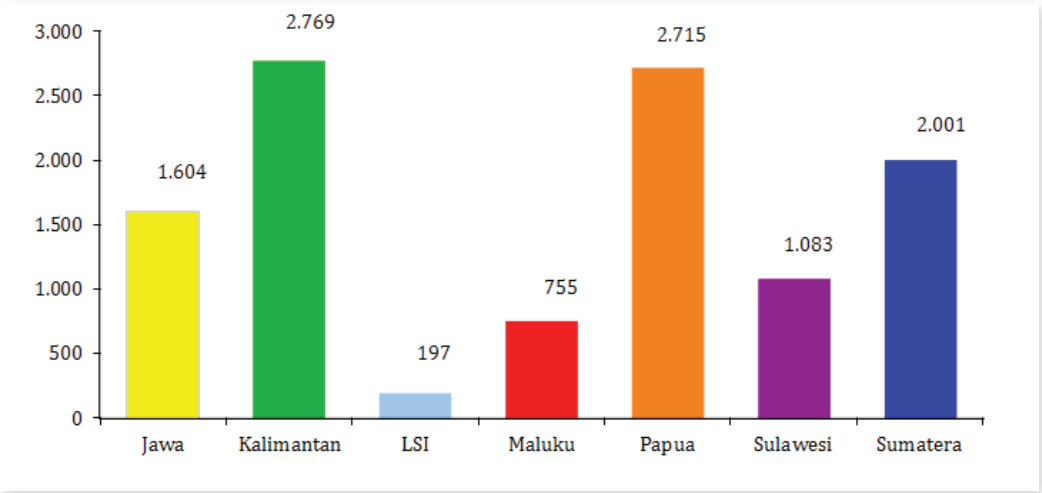
Pemanfaatan Angiospermae di Indonesia sangatlah luas, sejak dari digunakannya sebagai bahan baku obat, papan, sandang, pangan ataupun kegunaan lainnya, seperti rempah, pakan ternak, penghasil resin, dan pewarna. Di bawah ini disajikan beberapa contoh tumbuhan Angiosperm yang memiliki nilai ekonomi.

1. Anggrek

Anggrek atau yang dikenal di dalam dunia ilmiah sebagai suku Orchidaceae, merupakan salah satu komponen penting diversitas tumbuhan di Indonesia. Seiring dengan perkembangan pengetahuan terkini, anggrek tidak hanya dimanfaatkan sebagai tanaman ornamental semata. Perannya sebagai bioindikator kesehatan ekosistem, indikator perubahan iklim, baik regional maupun global, serta sumber senyawa bioaktif dalam kesehatan kian menguatkan potensi anggrek untuk kesejahteraan manusia.

Kondisi biogeografi Indonesia telah menciptakan berbagai lingkungan unik yang mendukung proses spesiasi berbagai jenis anggrek. Oleh karenanya, tidak mengherankan apabila kepulauan Indonesia diketahui memiliki ribuan jenis anggrek dengan tingkat endemisitas yang tinggi. Dinamisnya perkembangan pengetahuan taksonomi berbagai jenis anggrek tentu sangat berpengaruh pula terhadap status diversitas anggrek di Indonesia.

O'Bryne (1994) mengemukakan ada 1.7000–35.000 jenis anggrek di dunia dan diperkirakan di Indonesia ada 5.000–6.000 jenis (Gunadi 1986). Hingga akhir 2013, telah diketahui sekitar 7.622 jenis anggrek yang tumbuh alami di kawasan Indonesia (Gambar 56). Kalimantan masih menduduki tempat terbanyak jenis anggreknya dibandingkan



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

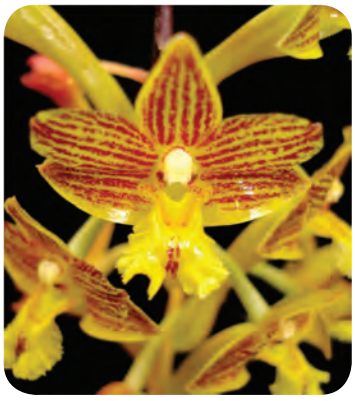
Gambar 56. Jumlah jenis anggrek pada setiap pulau di Indonesia

dengan Papua dan Sumatra, walaupun O'Bryne (1994) mengatakan bahwa Papua Nugini diduga memiliki 3.500 jenis anggrek, sedangkan di Kepulauan Sunda Kecil masih belum banyak terungkap.

Jumlah tersebut dapat terus meningkat seiring dengan ditemukannya berbagai jenis baru ataupun rekaman baru di kawasan Indonesia setiap tahunnya. Beberapa jenis anggrek baru yang ditemukan dari hutan di Indonesia selama kurun waktu lima tahun terakhir, yaitu *Dendrobium floresianum*-Flores (2009), *Dipodium brevilabium*-Papua (2009), *Dendrobium kelamense*-Kalimantan (2010), *Dendrobium dianae*-Kalimantan (2010), *Dendrobium flos-wanua*-Kalimantan (2010),

Dendrobium floresianum

Dendrobium dianae



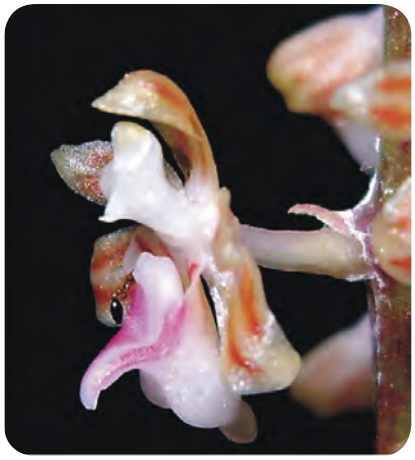
Dendrobium kelamense

Dipodium brevilabium

Dendrobium flos-wanua

Vanda frankieana

Dendrobium mucrovaginatum



Malleola inflata

Foto: Metusala, Kebun Raya Bogor

Gambar 57. Jenis baru anggrek dari berbagai pulau di Indonesia

Vanda frankieana-Kalimantan (2012), *Dendrobium mucrovaginatum*-Kalimantan (2012), dan *Malleola inflata*-Kalimantan (2013) (Gambar 57).

Terbatasnya eksplorasi yang dilakukan di kawasan Kalimantan, Sulawesi, Kepulauan Sunda Kecil, dan Papua menjadi salah satu faktor utama penyebab masih rendahnya jenis anggrek yang telah diketahui dan tercatat oleh ilmu pengetahuan. Peluang ditemukannya jenis baru dan rekaman baru masih sangat terbuka lebar, khususnya pada kawasan-kawasan yang telah disebut diawal. Oleh karena itu, eksplorasi dan inventarisasi keanekaragaman jenis anggrek perlu ditingkatkan, baik dari intensitas maupun kualitasnya. Apalagi peneliti masih harus berlomba dengan degradasi hutan yang demikian cepatnya.

2. Bambu

Indonesia memiliki kurang lebih 11.5% dari jenis bambu di dunia yang terdiri atas 1.439 jenis dari 116 marga (Tabel 17). Berdasarkan Widjaja (2014) dalam uraiannya di Lokakarya Bambu di Borong, Flores pada 2–5 September 2014, Indonesia memiliki 161 jenis yang terdiri atas 12 marga asli Indonesia (*Bambusa, Dendrocalamus, Dinochloa, Fimbribambusa, Gigantochloa Nastus, Neololeba, Parabambusa, Pinga, Schizostachyum, Racemobambos, Sphaerobambos*) dan 10 marga introduksi (*Chimonobambusa, Guadua, Melocanna, Otatea, Phyllostachys, Pleioblastus, Pseudosasa, Semiarundinaria, Shibataea,* dan *Thyrsostachys*) yang berasal dari Columbia, Thailand, dan Jepang. Bambu asli Indonesia umumnya termasuk dalam anak puak Bambusinae dan Racemobambosinae, kecuali *Buergersiochloa* yang hanya terdiri atas satu jenis (*Buergersiochloa bambusoides*) yang termasuk dalam anak puak *Buergersiochloa* dan ditemukan juga di Kepulauan Raja Ampat. Jenis bambu seperti rumput ini termasuk dalam kategori rawan dalam kategori jenis-jenis langka IUCN.

Tabel 17. Jumlah jenis Bambu Berdasarkan Puak Bambuseae dan Anak Puak Bambusinae dan Racemobambosinae

Taxon	Jumlah genus	Jumlah jenis
Arundinarieae	**28**	**533**
Bambuseae	**66**	**784**
Neotropical	19	377
Arthrostylidiinae	14	172
Chusqueinae	1	160
Guaduinae	5	45
Paleotropical	47	407
Bambusinae	28	264
Hickeliinae	8	33
Melocanninae	10	88
Racemobambosinae	1	22
Olyreae	**21**	**122**
Buergersiochloinae	1	1
Parianinae	2	36
Olyrinae	18	85
TOTAL SUBFAMILY	**116**	**1439**

Sumber: Bamboo Phylogeny Group 2012

Dari 161 jenis bambu yang ada di Indonesia, hingga saat ini Sumatra mempunyai jumlah kehati bambu yang tertinggi, dan juga jenis endemik terbanyak dibandingkan pulau lain di Indonesia (Gambar 58). Bila eksplorasi di Indonesia dilakukan lebih intensif terutama di daerah pulau-pulau kecil, jumlah jenis bambu asli Indonesia akan bertambah. Jenis yang berpotensi untuk dimanfaatkan atau dikembangkan, baik jenis introduksi maupun jenis asli ada 65 jenis. Jenis-jenis ini kadang-kadang hanya digunakan oleh penduduk secara lokal saja, namun banyak di antaranya merupakan jenis introduksi yang kemudian dimanfaatkan oleh masyarakat secara luas. Bahkan beberapa jenis di antaranya sudah dijadikan bahan baku kerajinan tangan ekspor, misalnya meja hias bambu yang berasal dari jenis *Phyllostachys aurea*.

Pemanfaatan bambu sudah dilakukan sejak dahulu kala oleh masyarakat Indonesia dengan memanfaatkan kulit bambu untuk memotong tali pusat bayi ketika baru lahir atau ketika sunatan pada anak laki-laki. Selanjutnya, bambu juga digunakan untuk menampung air yang jatuh ketika mayat disimpan sebelum dikremasi, bambu yang digunakan adalah bambu bali (*Schizostachyum Brachycladium* kuning) di Bali. Selanjutnya, masyarakat daerah lainnya di Indonesia sudah memanfaatkan bambu dalam upacara sesuai dengan budaya lokal, seperti di Bali, Lombok. Pemanfaatan bambu lainnya adalah untuk membuat peralatan rumah tangga, kerajinan tangan, bangunan, mebel dan bahkan akhir-akhir ini digunakan untuk biofuel, tenaga listrik, dan penghasil karbon. Serat bambu pun dapat digunakan

Sumber: Widjaja 2014.

Gambar 58. Jumlah jenis bambu di setiap pulau (angka di atas garis menunjukkan jumlah jenis dan angka di bawah garis menunjukkan jenis endemiknya).

Keterangan: Matic composite, PT Manajemen Teknik Composites, Jakarta

Gambar 59. A) Rumah sementara anti gempa dan B) Rumah komposit bambu

untuk membuat tekstil, misalnya untuk baju, ulos, dan kaos kaki. Bambu yang masih muda disebut rebung dapat dimanfaatkan untuk bahan sayuran, walaupun tidak semua jenis dapat dimanfaatkan, namun rebung yang sangat enak adalah dari jenis *Gigantochloa nigrociliata, Bambusa vulgaris, Dendrocalamus asper, Gigantochloa maxima, Gigantochloa atter,* dan *Phyllostachys aurea*. Ketika berjuang melawan penjajah, Indonesia dapat merdeka karena adanya bambu runcing yang dibuat dari bambu kuning (*Bambusa vulgaris* var. *striata*). Adanya tsunami yang meluluhkan desa-desa di pantai selatan Yogyakarta, akhirnya dibuatkan rumah bambu sementara karena rumah bambu itu lebih tahan gempa daripada rumah batu (Gambar 59A). Dengan kemajuan teknologi juga, akhirnya dapat dibuatlah rumah sederhana dari bambu komposit seperti pada Gambar 59B.

Akhir-akhir ini, bambu mulai dilirik untuk digunakan dalam energi listrik. Berdasarkan pengalaman di India, perusahaan Growmore telah mencoba menanam bambu jenis *Bambusa balcooa* seluas 800 ha untuk digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik yang menghasilkan 10 MW (Chen 2012). *Bambusa balcooa* kultivar *beema* menghasilkan 4.000 ton/acre/tahun dan menghasilkan energi 4.000 kcal (80% lebih tinggi daripada batu bara). Sementara itu, perusahaan listrik Eco-Energy solution dalam pembuatan energi di India melaporkan bahwa untuk 100 kW dibutuhkan 1.000 ton per tahun dan mendapatkan hasil tambahan berupa arang sejumlah 135 (Eco-energy solution, *no date*). Di Klungkung, Bali, PT Indo Asia Energy Development dan CV Bali Komunika Internasional menggunakan biomassa dari rumput gajah dan sisa hasil pertanian, seperti dari padi, jagung, singkong, kelapa, dan kelapa sawit, baik dalam bentuk sampah bubuk, pati, kulit padi, maupun bentuk lainnya untuk membuat energi listrik sebesar 10 MW yang dijual ke PT PLN. Dari PLN baru akan didistribusikan ke masyarakat luas. Selain sampah pertanian tersebut juga digunakan sampah bambu dari pengrajin bambu di sekitar Klungkung.

Selain itu, bambu juga dapat digunakan sebagai bahan baku biofuel seperti yang pernah dilakukan oleh Dannenmanna *et al.* (2007) yang melaporkan penggunaan tiga jenis bambu (*Bambusa tulda, B. pallida,* and *Dendrocalamus membranaceus*) yang menunjukkan potensi terbesar sebagai biofuel dengan nilai kalori masing-masing 18,61 MJ/kg; 18,63

MJ/kg; dan 18,81 MJ/kg yang lebih rendah daripada banyak jenis kayu dan lebih tinggi daripada rumput (Scurlock, 1999, Nordin, 1994). Kiyohiko Nakasaki mencoba menghancurkan bambu menjadi bubuk yang lebih kecil (0,05µm) sehingga mudah mencairkan selulosa bambu menjadi sakarida dan dapat menghasilkan 110 ml etanol dari 1 kg bambu. Kemajuan penelitian ini akan membuka wawasan untuk menggunakan bambu sebagai bahan bioetanol.

Bambu juga menghasilkan stok karbon cukup tinggi. Menurut Isagi (1994), stok karbon pada *Phyllostachys bambusoides* di atas tanah adalah 52,3 t C/ha dan bertambah 3.6 t C/ha setiap tahunnya, sedangkan di bawah tanah stok karbon adalah 20,8 t C/ha pada sistem perakaran dan 92,0 t C/ha di tanah. Produksi bersih di atas tanah adalah 11,2 t C/ha dan di bawah tanah 4,5 t C/ha/tahun. Produksi kotor diperkirakan 41,8 t C/ha/tahun dengan menjumlahkan total arus keluar ke lingkungan dan peningkatan biomassa. Perbandingan produksi bersih dan kotor adalah 37%, seperti terjadi pada hutan muda dan dewasa. Stok karbon pada bambu sangat berbeda dilihat dari ketinggian bambu, makin tinggi bambu tersebut stok karbon yang ada makin tinggi sehingga rata-rata cadangan karbon adalah 470,23 g/batang (78,07–1.029,79 g/batang). Menurut Suprihatno *et al.* (2012), jumlah karbon yang diserap pada bambu jenis *Gigantochloa pruriens* pada biomassa buluh adalah 50,68 sampai 54,87%, pada daun dari 47,68 sampai 53,76%, dan pada cabang dari 51,97–52,86%. Stok karbon pada bambu sangat berbeda dilihat dari ketinggian bambu, makin tinggi bambu tersebut stok karbon yang ada makin tinggi sehingga rata-rata stok karbon per individu adalah 470,23 gC. Potensi stok karbon bambu berkisar dari 12,61–15,93 t C/ha, dan total stok karbon di perkebunan bambu adalah 52,55 t C/ha yang terdiri atas karbon stok bambu 14,08 t C/ha, tumbuhan bawah 0,11 t C/ha, serasah 283 t C/ha, dan tanah 35,53 t C/ha.

Pemanfaatan bambu untuk obat telah dimulai sejak zaman dahulu di India dengan memanfaatkan tabashir (kristal yang terdapat dalam ruas bambu). Di China air yang keluar dari bambu ketika dipanasi dapat digunakan untuk obat batuk dan obat panas. Sementara itu, air yang ada di dalam ruas bambu pada jenis bambu eul-eul (*Nastus elegantissimus)* digunakan untuk berbagai macam obat, seperti obat batuk, obat penyakit dalam, dan obat panas. Rebusan rebung bambu kuning (*Bambusa vulgaris* var. striata) digunakan untuk mengobati penyakit liver dan juga penyakit kencing bernanah (gonorchoe). Daun bambu muda yang masih menggulung dapat juga digunakan untuk obat penurun kolesterol. Penelitian bambu untuk obat belum berkembang di Indonesia sehingga informasi ini belum dapat dibuktikan secara ilmiah walaupun masyarakat sudah memanfaatkannya.

Di antara 161 jenis tersebut, 126 jenis merupakan asli Indonesia (Gambar 60), 32 jenis introduksi, dan satu jenis yang sudah diketahui merupakan jenis invasif, yaitu *Chimonobambusa quadrangularis (Fenzl) Makino* di TN Gede Pangrango dan G. Sibayak. Jenis invasif ini semula didatangkan ke Kebun Raya Cibodas sebagai hasil tukar-menukar antarkebun raya dan secara tidak sengaja potongan batangnya terbuang di pinggir taman nasional yang akhirnya tumbuh dan berkembang biak secara cepat di TN Gede Pangrango yang berbatasan dengan Kebun Raya Cibodas. Dari 126 jenis asli Indonesia, 94 jenis di antaranya merupakan jenis endemik. Indonesia juga memiliki keragaman genetik bambu yang sangat besar, terbukti adanya lima kultivar bambu betung *(Dendrocalamus asper*) yang tidak dipunyai oleh negara lain, dua kultivar bambu tali (*Gigantochloa apus*), dan lebih dari tiga kultivar bambu ater (*Gigantochloa atter*).

Ditinjau dari habitatnya, bambu tumbuh di berbagai habitat, yaitu dataran rendah dan dataran tinggi. Bambu yang tumbuh di dataran rendah umumnya mempunyai diameter yang lebih besar daripada bambu yang tumbuh di dataran tinggi, misalnya jenis-jenis *Racemobambos* dan *Nastus* tumbuh di dataran tinggi, sedangkan jenis-jenis *Bambusa, Dendrocalamus*, dan *Gigantochloa* tumbuh di ekosistem pamah. Bambu yang tumbuh di ekosistem pegunungan umumnya mempunyai perawakan menyebar (*scrambling*) misalnya *Nastus* dan *Racemobambos,* sedangkan yang tumbuh di dataran rendah merambat (*climbing*) misalnya *Dinochloa*. Bambu yang tumbuh di Indonesia bagian barat memiliki ciri lebih tegak dan berdiameter lebih besar dibandingkan dengan bambu yang tumbuh di Indonesia sebelah timur, misalnya jenis

Gambar 60. *Bambusa blumeana, Bambusa vulgaris, Dendrocalamus asper, Gigantochloa atroviolacea, Gigantochloa atter, Gigantochloa apus* (mengikuti arah jarum jam).

Dendrocalamus. Jenis *Gigantochloa* lebih banyak diketemukan di daerah Indonesia barat, sedangkan jenis *Dinochloa, Schizostachyum, Nastus, Racemobambos* banyak diketemukan di Indonesia timur, walaupun jenis seperti *Dendrocalamus asper* dan *Gigantochloa atter* merupakan jenis yang kosmopolitan dan tumbuh mulai Indonesia bagian barat hingga timur.

Menurut Lobovikov *et al.* (2007), terdapat 37 juta hektare bambu di dunia (1% dari total hutan di dunia), 24 juta di antaranya terdapat di 16 negara di Asia. Asia merupakan habitat bambu tersebar di dunia (65%) di bandingkan Afrika (7%) dan Amerika (28%). Berdasarkan catatan FAO yang merupakan hasil laporan setiap negara, Indonesia (5%) merupakan negara ketiga setelah China (14%) dan India (30%) yang mempunyai bambu terbanyak. Data ini masih perlu diteliti ulang karena penghitungan populasi bambu didasarkan pada 31 rumpun per hektare. Dari data tersebut tercatat bahwa hutan bambu di Indonesia ternyata 65% adalah milik petani, dan hanya 33% tumbuh di tanah kehutanan.

3. Palem Indonesia

Palem-paleman termasuk ke dalam suku *Arecaceae* (juga dikenal dengan Palmae). Di dunia diperkirakan terdapat 2.800 jenis palem dengan 200 marga dan Indonesia merupakan negara pemilik palem terbesar di dunia, yaitu sebanyak 200 jenis dengan 46 marga. Sekitar 225 jenis (47%) merupakan jenis endemik yang hanya ditemukan di Indonesia. Banyak sekali jenis palem tumbuh tersebar di hutan-hutan Indonesia, baik di Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Irian Jaya, hingga pulau-pulau kecil. Oleh karena itu, Indonesia dikenal sebagai pusat keanekaragaman palem dunia selain Brasil. Menurut Corner (1996), suku palem-paleman merupakan suku tertua

di antara tumbuhan berbunga. Anggota palem-paleman telah dijumpai semenjak zaman Crateceus, kurang lebih 120 juta tahun yang lalu.

Tidak semua jenis palem berbentuk pohon meskipun palem pada umumnya mempunyai tubuh yang semampai. Ada jenis-jenis palem yang sifatnya merambat dan memerlukan tanaman lain sebagai panjatan untuk hidupnya, jenis ini disebut rotan. Rotan merupakan tumbuhan khas tropika. Di Indonesia rotan tumbuh secara alami dan tersebar luas di Jawa, Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, dan Irian Jaya (Papua). Dalam klasifikasi tumbuhan, rotan termasuk anak suku Calamoideae. Dransfield *et al.* (2008) dan Menon (1979) mengemukakan bahwa di Asia Tenggara diperkirakan terdapat lebih dari 516 jenis rotan yang berasal dari sembilan marga, yaitu *Calamus, Daemonorops, Korthalsia, Plectocomia, Plectocomiopsis, Myrialepis, Calospatha,* dan *Ceratolobus*. Jenis rotan umumnya tumbuh pada tanah berawa kering hingga tanah pegunungan.

Palem sudah dikenal oleh masyarakat Indonesia karena palem telah dibudidayakan dan digunakan dalam berbagai aspek kehidupan, baik dari segi ekonomi, perdagangan maupun dari segi pemenuhan bahan kebutuhan sehari-hari, misalnya aren (*Arenga pinnata*) dan sagu (*Metroxylon sagu*) sebagai sumber karbohidrat berupa pati atau gula, kelapa (*Cocos nucifera*), dan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) sebagai sumber minyak (Witono 1998). Selain itu, juga sebagai bahan anyaman berkualitas tinggi (dari kelompok rotan), bahan bangunan pengganti kayu, seperti kelapa dan wanga (*Pigafetta elata*), tanaman hias jalan ataupun taman seperti pinang merah (*Cyrtostachys renda*) serta untuk upacara keagamaan seperti pinang hutan dan daun lontar (Mogea 1991).

Rotan merupakan hasil hutan terpenting setelah kayu pada sebagian besar wilayah Asia Tenggara. Tumbuhan rotan mempunyai nilai sosial yang tinggi sebagai sumber penghasilan bagi berbagai komunitas termiskin dalam kawasan tertentu, namun secara tradisional diabaikan dalam program-program kehutanan yang disibukkan oleh niaga kayu (Siregar 2005). Selain itu, juga rotan merupakan salah satu hasil hutan nonkayu yang potensial sebagai penghasil devisa, namun keberadaannya di alam makin terancam akibat eksploitasi yang berlebihan. Salah satunya rotan manau (*Calamus manan*), rotan manau ini memiliki kualitas batang terbaik sehingga memiliki nilai ekonomi tertinggi dibandingkan dengan

CONTOH TUMBUHAN ROTAN ENDEMIK

Foto: Rustiami 2005

Calamus melanoloma, jenis endemik pulau Jawa yang ditemukan di Gunung Slamet

jenis rotan yang lain. Rotan merupakan tumbuhan berduri telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia, seperti anyaman alat rumah tangga dan sebagai sayuran di Tapanuli Selatan (Siregar 2005).

Kulit buah beberapa jenis rotan juga mengandung resin merah yang dikenal dengan nama *dragon's blood* atau darah naga karena warnanya yang merah kental seperti darah. Kelompok rotan penghasil resin merah ini dikenal dengan nama lokal rotan jernang. Khasiat rotan jernang selain dimanfaatkan sebagai bahan pewarna/*varnish furniture* juga sebagai obat menghentikan perdarahan, pencampur pasta gigi dan obat antikanker. Di Indonesia terutama di hutan-hutan kawasan TN Kerinci Seblat dan TN Bukit Tigapuluh (di wilayah Suku Anak Dalam) masih banyak terdapat rotan penghasil getah jernang. Jernang tersebut umumnya dijual ke tengkulak untuk kemudian dijual kembali ke Singapura. Di Singapura, getah jernang diproses lebih lanjut, dibersihkan dan dikirim ke industri farmasi di China (Rustiami *et al.* 2004).

Selain itu, masyarakat Indonesia terutama di wilayah timur juga tidak asing dengan pohon lontar (*Borassus flabellifer*). Seluruh bagian lontar dapat dimanfaatkan. Lontar mempunyai akar yang beracun seperti dilaporkan di daerah Rote, Nusa Tenggara Timur bahwa akar yang dihaluskan kemudian dicampur dengan saguer (sejenis minuman keras/arak) untuk memberikan efek halusinasi (Heyne 1987). Manfaat utama lontar adalah air nira yang diperoleh dari perbungaan yang diperas dengan alat khusus. Air nira lontar biasanya dikonsumsi langsung atau diproses menjadi gula. Selain itu, juga dapat difermentasikan sehingga mengandung alkohol sekitar 5–6% yang kemudian diproses lebih lanjut menjadi arak atau cuka. Daun lontar dimanfaatkan sebagai atap yang mampu bertahan hingga dua tahun. Selain itu juga dapat dianyam menjadi keranjang, sedangkan gagang daunnya dapat digunakan untuk pegangan panci, kayu bakar ataupun dibelah sehingga dapat dianyam menjadi tikar. Bagian batang yang keras terutama sekitar 10 m dari akar dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan ataupun jembatan, sedangkan bagian tengahnya dapat dibelah menjadi papan. Bagian atas yang lebih lunak dapat diambil tepungnya untuk bahan pembuat kue jika bahan pangan utama seperti beras dan umbi-umbian sulit diperoleh.

4. Bunga Bangkai (Amorphophallus)

Dari 25 jenis *Amorphophallus* yang ada di Indonesia (Gambar 61), 18 jenis di antaranya

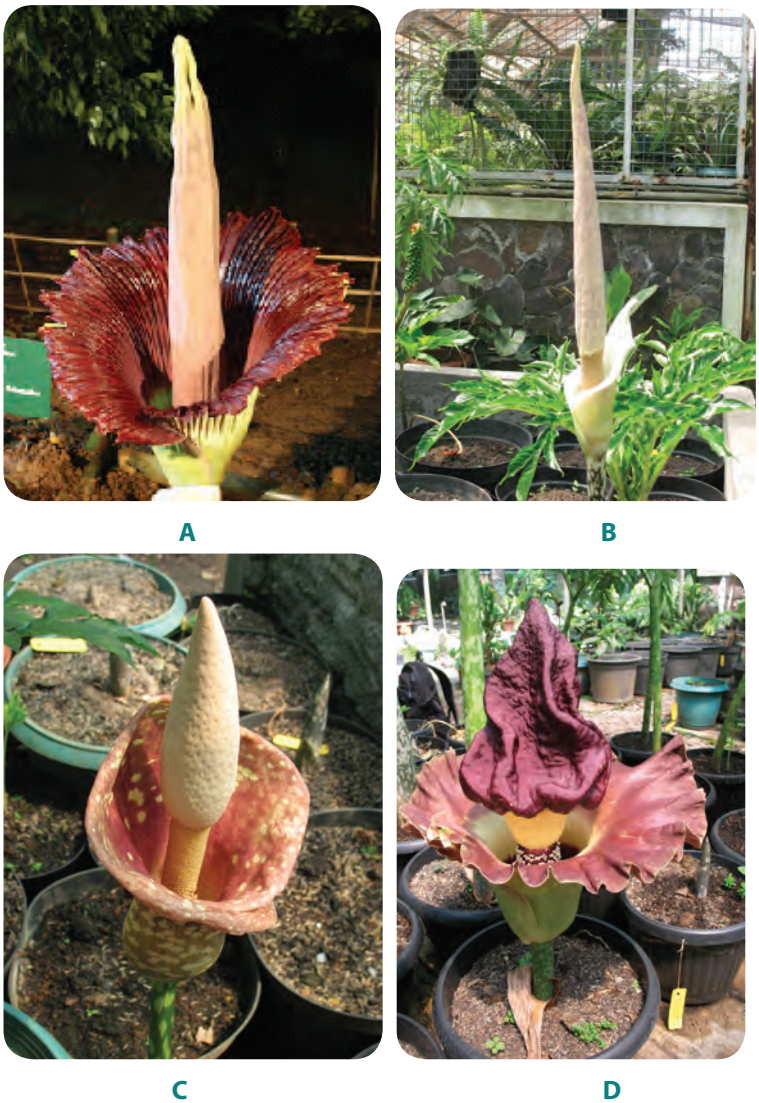


Foto: Irawati 2006

Gambar 61. Bunga (A) *Amorpophallus titanium,* (B) *A. variabilis,* (C) *A. muellerii,* (D) *A. paeonifolius* yang tumbuh di Kebun Raya Bogor

endemik (Yuzammi 2009). Bersamaan dengan hilangnya hutan, hilang pula mata rantai siklus hidup tumbuhan ini, yaitu burung rangkong (*Buceros rhinoceros*) yang berperan penting dalam penyebaran bijinya (Hetterscheid 1995). Alhasil, kalaupun bunga ini masih tersisa di habitatnya, populasinya lama-kelamaan tidak mampu beregenerasi secara alami bersamaan dengan rusaknya berbagai komponen pendukung kehidupannya.

Salah satu jenis *Amorphophallus* yang paling dikenal adalah *Amorphophallus titanu*m atau lebih dikenal dengan bunga bangkai, sering disebut juga sebagai bunga terbesar di dunia karena ukurannya yang juga besar. Namun, sesungguhnya bunga ini lebih tepat bila dikatakan sebagai bunga majemuk raksasa karena bunga yang sebenarnya tersembunyi di balik kelopaknya yang besar. Bunga endemik ini hanya tumbuh di beberapa kawasan terpisah di Sumatra. Pulau yang dalam beberapa tahun terakhir mengalami deforestasi hebat ini diperkirakan telah kehilangan sekitar 72% area hutannya.

Banyak kebun raya di dunia yang memiliki bunga bangkai dan selalu menjadi daya tarik pengunjung ketika mekar sehingga nama Sumatra, Indonesia menjadi dikenal. Tumbuhan ini perlu perlakuan khusus dalam membudidayakannya sehingga penelitian teknik perbanyakannya masih perlu dilakukan. Kebun Raya Bogor telah lama bekerja sama dengan beberapa kebun raya lain di dunia dalam melakukan penelitian terhadap teknik konservasi tumbuhan raksasa ini termasuk survei di lapangan. Upaya perbanyakan dilakukan, baik secara konvensional maupun kultur jaringan. Upaya perbanyakan secara konvensional telah membuahkan hasil sejak diperolehnya biji hasil penyerbukan buatan tahun 2012 sebagai yang pertama di Indonesia di luar habitat alaminya (Sudarmono *et al.* 2014). Namun, untuk mencapai usia berbunga diperlukan waktu 6–9 tahun. Kebun Raya Cibodas memiliki koleksi yang bunganya mencapai rekor tertinggi, yaitu umumnya lebih dari tiga meter. Penelitian regulasi pembungaan dilakukan terhadap *A. titanum* koleksi kebun raya untuk mengatur strategi perolehan biji karena tumbuhan ini memiliki ketidaksinkronan masa matang bunga jantan dan betina. Keberhasilan strategi produksi buah/biji juga dapat menjamin kontinuitas produksi buah untuk mendukung upaya konservasi bijinya yang pernah dilakukan pada tahun 2000 (Latifah *et al*. 2001) dan 2012 di Bank Biji Kebun Raya Bogor. Upaya perbanyakan melalui kultur *in vitro* di laboratorium merupakan upaya terobosan agar didapat teknik perbanyakan untuk mempertahankan keragamannya dan sebagai cadangan bagi tersedianya tumbuhan langka ini di masa datang (Irawati 2011, Witjaksono *et al.* 2012).

Keluarga *Amorpophallus* lain yang menjadi fokus penelitian di Kebun Raya Bogor adalah jenis-jenis yang berpotensi pangan, seperti *A. paeniifolius*. Sementara itu, eksplorasi ke lapangan untuk mendapatkan koleksi jenis-jenis *Amorpophallus* lainnya masih dilakukan sebagai upaya untuk mengoptimalkan potensinya di masa yang akan datang. Jenis *Amorphophallus muelleri* terutama dari Jawa Timur telah menjadi komoditas ekspor dari Indonesia untuk bahan makanan yang dikenal sebagai *konyaku*.

5. Rafflesiaceae

Keunikan dan kelangkaan Raflesia menjadikan tumbuhan ini banyak dipakai sebagai ikon konservasi, baik di negara asalnya maupun di luar negeri. Indonesia memilih *Raflesia arnoldii* mewakili puspa langka, agar dikenal sebagai puspa nasional berstatus langka. Meski demikian, sangat disayangkan masih banyak yang belum bisa membedakan antara *Rafflesia arnoldii* dan *Amorpophallus titanum*. Nama bunga bangkai dan ukuran raksasa memang melekat pada keduanya. Kedua jenis tumbuhan ini jelas berasal dari keluarga yang berbeda. *Amorphophallus titanu*m merupakan anggota dari keluarga talas-talasan (Araceae) sementara *Rafflesia arnoldii* adalah anggota dari keluarga benalu (Rafflesiaceae).

Dalam dunia tumbuhan Raflesia (Gambar 62) dikenal sebagai tumbuhan parasit raksasa yang hidup dan tersebar di hutan tropis di kawasan Asia Tenggara (Sumatra, Borneo, Thailand, Semenanjung Malaysia, dan Filipina). Sebagai parasit sejati kehidupan Raflesia sangat bergantung pada keberadaan pohon inang, yaitu liana dari keluarga anggur-angguran (Vittaceae) *Tetrastigma* spp. Meski marga *Tetrastigma* umum terdapat di hutan-hutan tropis, namun hanya *Tetrastigma* jenis tertentu saja yang dapat menjadi inang bagi Raflesia.

A. Foto: Irawati 2006

B. Foto: Mahyuni 2007

C. Foto: Wiriadinata 2008

D. Foto: Wiriadinata 2003

Gambar 62. Raflesia yang dapat ditemukan di Indonesia (A) *Rafflesia arnoldii,* (B) *R. lawangensis*, (C) *R. micropylora*, dan (D) *R. pricei*.

Indonesia merupakan salah satu negara dengan keragaman Raflesia tertinggi di dunia. Lima belas dari 36 jenis Raflesia di dunia dapat ditemukan di Indonesia (Meijer 1997, Latiff & Wong 2003, Susatya 2005, Wiriadinata & Sari 2010, Barcelona *et al*. 2009, Mat-Salleh *et al*. 2010, *http:///www.parasiticplants.si.edu/RaffPhil/literature.html*). Jenis Raflesia yang dapat ditemukan di Indonesia yang tersebar di Pulau Jawa, Sumatra, dan Kalimantan adalah *R. arnoldii, R. atjehensis*, *R. bengkuluensis, R. gadutensis, R. hasseltii, R. lawangensis, R. micropylora, R. meijeri, R. patma, R. pricei, R. rochusenii,* dan *R. tuan-mudae* (Meijer 1997, Susatya 2005, Wiriadinata & Sari 2010, Mat-Salleh *et al*. 2010). Tiga jenis lainnya, yaitu *R. borneensis, R. ciliata*, dan *R. witkampii* masih perlu diteliti lebih lanjut karena statusnya masih *incomplete species* (Meijer 1997).

Kehidupan Raflesia yang menghendaki kondisi biologi dan ekologi yang spesifik menjadikan Raflesia tumbuh sebagai tumbuhan endemik. Umumnya, satu jenis Raflesia tumbuh di satu daerah yang penyebarannya tidak terlalu luas. Sesuai dengan kriteria IUCN 1994 yang dilaporkan oleh Mogea *et al*. (2001) hampir semua marga Raflesia dikategorikan sebagai tumbuhan langka dengan status genting (EN 3cd). Raflesia mengalami risiko kepunahan yang sangat tinggi di alam jika tidak ditangani dalam waktu dekat. Raflesia di Indonesia menempati lokasi/ruang yang kurang dari 500 km^2 dengan populasi atau subpopulasi yang jumlahnya berfluktuasi secara ekstrem.

Usaha membudidayakan Raflesia meski upaya telah dilakukan sejak zaman pendudukan Belanda di Indonesia dan konservasi *in situ* masih dinilai sebagai cara yang paling efektif untuk menjaga keberadaan Raflesia. Akan tetapi, mengingat kerusakan habitat alami tumbuhan ini dari waktu ke waktu mengalami penurunan kualitas karena berbagai hal maka penelitian Raflesia masih sangat diperlukan. Usaha pelestarian Raflesia

memerlukan penelitian intensif yang meliputi berbagai aspek biologi kehidupan tumbuhan ini. Informasi dari hasil kegiatan tersebut akan menjadi masukan yang sangat berharga sebagai dasar ilmiah untuk meningkatkan kualitas manajemen konservasi Raflesia di alam.

Sejak tahun 2004 Kebun Raya Bogor telah melakukan penelitian terhadap marga *Raflesia* dengan fokus *R. patma* asal Jawa Barat (Mursidawati *et al*. 2006). Dari upaya ini tahun 2010–2014, *Rafflesia patma* berhasil ditumbuhkan dan sudah mekar bunganya sebanyak tujuh kali. Ini adalah pertama kalinya di dunia Raflesia dapat ditumbuhkan di luar habitat aslinya. Namun, masih memerlukan perjalanan panjang agar keberadaannya dalam kondisi *ex situ* tetap bertahan dan bergenerasi. Upaya ini merupakan model untuk diterapkan bagi jenis-jenis Raflesia Indonesia lainnya.

6. Ramin

Ramin adalah nama kayu perdagangan termasuk marga *Gonystylus* anggota suku Thymeleaceae. Beberapa publikasi menyebutkan bahwa sedikitnya ada 18 jenis dan satu varietas anggota *Gonystylus* yang dikenal sebagai pohon penghasil kayu dengan sebutan ramin (Airy Shaw 1972, Soerianegara *et al.* 1993). Jenis-jenis pohon ramin dan sebarannya di Indonesia disajikan pada Tabel 18.

Dari ke-18 jenis pohon tersebut, yang paling umum diperdagangkan dengan sebutan ramin di Indonesia adalah *G. bancanus*. Jenis yang dikenal sebagai penyusun utama vegetasi hutan rawa gambut Kalimantan dan Sumatra ini memiliki berbagai keistimewaan, sebagai penghasil kayu yang bernilai tinggi. Oleh karena itu, permintaan akan kayu ramin di pasar lokal dan dunia, terus meningkat dari waktu ke waktu.

Penebangan ramin secara besar-besaran telah dilakukan sejak tahun 1970-an saat diberlakukannya izin pengelolaan hutan rawa gambut. Meskipun sejak tahun 1980 ekspor kayu gelondongan termasuk ramin dilarang, namun penebangan pohon ramin terus meningkat karena permintaan pasar yang terus melonjak. Penebangan yang tidak terkendali telah menimbulkan kekhawatiran akan kepunahan ramin. Maka pada 11 April 2001 Pemerintah Indonesia melalui Keputusan Menteri Kehutanan No. 127/Kpts-V/2001 melakukan penghentian sementara (moratorium) kegiatan penebangan dan perdagangan ramin. Secara bersamaan

Tabel 18. Daftar Jenis-Jenis Ramin beserta Daerah Persebaran dan Habitatnya di Indonesia.

Nama jenis	Daerah persebaran/habitat
Gonystylus acuminatus	Sumatra (Lampung)/tanah kering
Gonystylus affinis Radlk.	Kalimantan Barat/tanah kering
Gonystylus affinis var. *elegans*	Kalimantan Timur/tanah kering
*Gonystylus augescens**)	Kalimantan Barat/tanah kering
Gonystylus bancanus	Sumatra, Bangka, Kalimantan/rawa gambut
Gonystylus borneensis	Sumatra (Riau), Kalimantan Tengah/tanah kering
Gonystylus brunnescens	Kalimantan Barat, Kalimantan Timur/tanah kering liat berpasir
Gonystylus confusus	Sumatra (Aceh), Kalimantan Barat/tanah kering
Gonystylus consanguineus	Kalimantan Barat, Kalimantan Timur/tanah kering
Gonystylus forbesii	Sumatra (termasuk Mentawai), Kalimantan/tanah kering terkadang rawa gambut
*Gonystylus glaucescens**)	Kalimantan Timur/tanah kering
Gonystylus keithii	Kalimantan/tanah kering
Gonystylus macrophyllus	Seluruh Indonesia, kecuali Jawa Timur, Bali & Nusa Tenggara/tanah kering
Gonystylus maingayi	Sumatra Selatan/rawa gambut
Gonystylus micranthus	Kalimantan Selatan/rawa tanah lempung
Gonystylus spectabilis	Kalimantan Tengah/tanah kering
Gonystylus velutinus	Sumatra (termasuk Bangka & Belitung), Kalimantan/tanah kering
Gonystylus xylocarpus	Kalimantan Barat/tanah berpasir/kerangas

Keterangan: *) hanya merupakan pohon kecil, diameter batang < 20 cm.

Sumber: Airy Shaw (1953, 1972), Whitmore *et al.* 1990, Sidiyasa *et al.* 2010.

Indonesia juga memasukkan ramin dalam daftar CITES dengan status Appendix III. Selanjutnya, hanya perusahaan (HPH) yang memiliki Sertifikat Pengelolaan Hutan Alam Lestari (SPHAL) yang diizinkan menebang ramin melalui penilaian ulang potensi ramin oleh Tim Terpadu yang dikoordinasi oleh otoritas keilmuan (*Scientific Authority*) sebelum penyusunan RKT.

Meskipun sudah sejak lama ramin menjadi target penebangan, hingga kini sifat biologi jenis ini masih belum diketahui dengan baik. Pola sebaran, strategi regenerasi, dan adaptasi lingkungan sehingga ramin merajai habitat gambut, masih merupakan misteri yang belum terpecahkan. Berbagai kajian dan penelitian telah dilakukan, namun hasilnya belum mampu menjawab tantangan laju penurunan dan kemerosotan populasi ramin. Ini terbukti dari terus menurunnya populasi ramin di habitat alam dan belum ada tanda-tanda keberhasilan penanaman dalam skala yang seimbang dengan laju penurunan.

Mengingat upaya budi daya ramin dan kontrol perdagangan yang belum berhasil dengan baik, maka pada sidang XIII CITES, Oktober 2004 di Bangkok telah ditingkatkan status ramin dari Appendix III menjadi Appendix II. Diharapkan perubahan status ramin tersebut akan meningkatkan pengawasan peredaran internasional ramin sehingga laju kepunahan jenis ini dapat dikurangi.

Ancaman kepunahan jenis ramin diakibatkan antara lain oleh penebangan liar yang tidak mengikuti kaidah keseimbangan alam. Kebakaran dan konversi lahan gambut sebagai habitat alam utama telah mempercepat kepunahan ramin. Melalui sistem pembatasan penebangan CITES (Appendix II), upaya penanaman di areal yang rusak diharapkan dapat menurunkan laju kepunahan ramin.

7. Gaharu Buaya

Gaharu buaya atau dikenal juga dengan sebutan gaharu laka merupakan salah satu jenis tumbuhan aromatik yang diperdagangkan selain gaharu (*Aquilaria* spp. dan *Gyrinops* spp.). Jenis ini merupakan anggota famili Thymelaeaceae dan merupakan genus *monotypic* yang hanya dihuni oleh satu jenis yaitu *Aetoxylon sympetalum* (Gambar 63). Jenis ini merupakan jenis endemik yang hanya ditemukan di wilayah Kalimantan Barat dan Sarawak (Malaysia) (Tawan 2004). Tempat tumbuh pohon gaharu buaya di daerah dataran rendah hingga ketinggian 100 m dpl, hutan campuran Dipterocarpaceae,

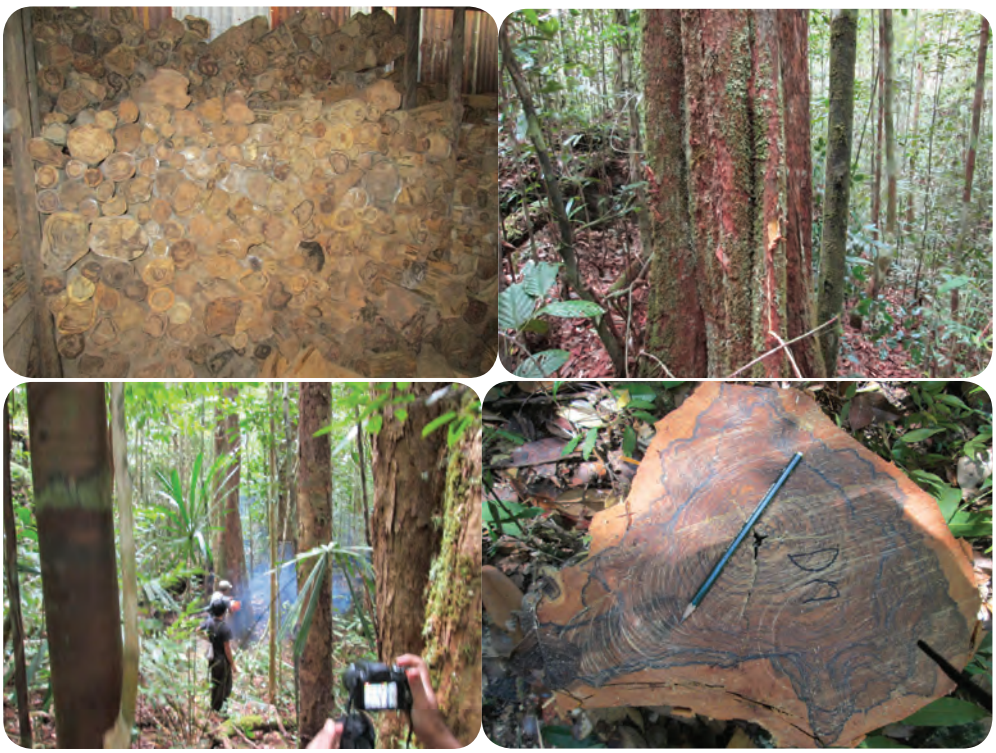


Foto: Pratama, 2014

Gambar 63. Penimbunan gaharu, pohon gaharu buaya tua, pohon gaharu muda, dan potongan kayu gaharu (searah jarum jam)

ber-asosiasi dengan berbagai jenis pohon kayu lainnya.

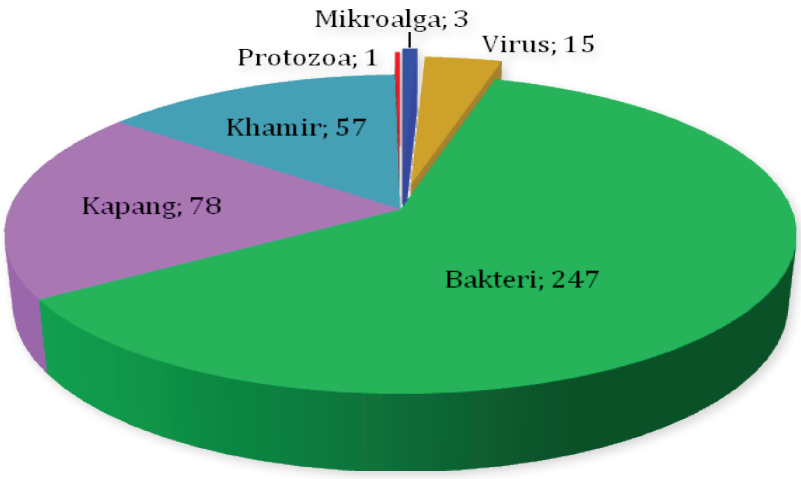
Nama perdagangan yang diberikan adalah garu bouya, sedang nama daerah lainnya adalah kayu bidaroh, ramin batu, ramin buaya, malaban, dan garu laka atau kayu laka walaupun untuk kayu laka diterapkan untuk jenis lain, yaitu *Dalbergia parviflora* dari suku Fabaceae. Berdasarkan keterangan yang diperoleh perdagangan kayu gaharu sudah dimulai sebelum tahun 2000, dan ekspornya mulai ramai dengan masuknya pedagang Malaysia. Potongan kayu gaharu buaya diangkut melalui perbatasan ke wilayah Sarawak melalui jalan darat. Harga pada saat itu berkisar sekitar RM 2.50 hingga RM 3.00 per kg. Pengumpulan kayu dilakukan dari daerah hulu sungai Kapuas dekat perbatasan dengan Sarawak. Status perdagangan kayu gaharu buaya tidak termasuk jenis kayu yang dilindungi dan belum termasuk dalam daftar CITES. Menurut laporan dari Asosiasi Pengusaha dan Pedagang Gaharu Buaya, ekspor ke Timur Tengah dapat mencapai 2.000 ton setiap tahunnya.

Beberapa tahun terakhir perdagangan kayu gaharu buaya ke Timur Tengah dilakukan langsung dari pengusaha Kalimantan Barat tanpa melalui Malaysia, hal ini sangat menguntungkan pihak Indonesia. Harga jual lebih tinggi jika dibandingkan apabila penjualan melalui Malaysia. Namun, kegiatan pemanfaatan ini harus dibarengi dengan upaya konservasi sehingga kelestarian gaharu buaya sebagai salah satu jenis endemik milik Indonesia tetap terjaga.

3.2.4 Mikrob

Jumlah mikrob (prokariot) yang ada di bumi diestimasikan mencapai 4–6 x 10^{30} sel. Mikrob ini tersebar di berbagai habitat perairan (laut, sedimen, sungai, dan danau), tanah (beragam tipe hutan, savana, gurun, lahan pertanian, tundra, lumpur), hewan (ternak, kambing/domba, babi, burung domestik, rayap), dan manusia (Whitman *et al.* 1998). Fakta lapangan mengindikasikan bahwa hanya sebagian kecil dari jumlah tersebut yang dapat ditumbuhkan dengan kondisi laboratorium. Sebagai contoh, dari sejumlah 10^{7} sel mikrob per gram tanah (Richter and Markewitz 1995) ternyata sekitar 99% di antaranya tidak dapat ditumbuhkan untuk kajian pemanfaatannya lebih lanjut atau dikenal dengan istilah *yet unculturable microorganisms*. Jenis mikrob yang telah dikenal sejauh ini masih sebagian kecil dari keanekaragaman jenis mikrob sebenarnya yang ada di alam. Oleh karena itu, estimasi jumlah jenis mikrob di bumi saat ini dilakukan dengan pendekatan molekuler (*culture-independent techniques*).

Di Indonesia, sebanyak 401 jenis mikrob telah diketahui berdasarkan data koleksi mikrob pada berbagai *culture collection* di Indonesia. Hasil penelitian eksplorasi-bioprospeksi di Indonesia mikrob tersebut terdiri atas kelompok bakteri (247), kapang (78), khamir (57), protozoa (1), mikroalga (3), dan virus (15) (Gambar 64). Kapang merupakan salah satu kelompok mikrob yang menunjukkan keanekaragaman morfologi koloni (Gambar 65). Koleksi mikrob Indonesia diisolasi dari berbagai lingkungan di alam, seperti tanah, makanan, sampel klinis, hewan,



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 64. Jumlah jenis mikrob yang ditemukan di Indonesia.

dan tumbuhan. Bakteri marga *Lactobacillus* banyak dijumpai pada makanan fermentasi khas Indonesia dan terus dikaji peranannya dalam pengembangan pangan fungsional. Beberapa Actinomycetes marga *Streptomyces* ditemukan di berbagai wilayah Indonesia meliputi Sumatra, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, dan Papua. Actinomycetes ini dikenal karena potensinya sebagai penghasil senyawa antimikrob. Marga *Bacillus* yang banyak digunakan dalam industri enzim ditemukan pada habitat tanah, rizosfer, hewan, sampel klinis, dan limbah (Sjamsuridzal *et al.* 2008).

Mikroorganisme termasuk organisme yang dapat ditemukan di berbagai tempat (kosmopolit) termasuk di ekosistem yang ekstrem seperti mata air panas. Setiap habitat diperkirakan dihuni oleh mikrob yang khas dengan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan. Banyak jenis lain mikrob yang diperkirakan masih belum dieksplorasi meliputi untuk setiap tipe ekosistem yang ada di Indonesia. Teknik metagenomik diperlukan untuk mengungkap keanekaragaman mikrob pada tingkat molekuler melalui pendekatan pustaka klon dan sekuensing terkini (*next generation sequencing*). Keterbatasan kemampuan tumbuh mikrob pada kondisi laboratorium menjadi kendala dalam estimasi keanekaragaman mikrob di suatu ekosistem secara konvensional. Pendekatan molekuler kemudian berkembang untuk menjawab tantangan mengidentifikasi dan menghitung mikrob di lingkungan *in situ*. Gen RNA ribosom (rRNA) banyak dipilih menjadi target dalam *phylotyping*, yaitu metode non-kultivasi untuk menghasilkan sekuen dan membandingkannya dengan *database* yang telah ada dan berisikan sekuen-sekuen gen rRNA dari berbagai jenis mikrob (saat ini lebih dari 200.000) (Handelsman *et al.* 2007) sehingga didapatkan kemiripan dan hubungan kekerabatan dengan mikrob yang telah diketahui.

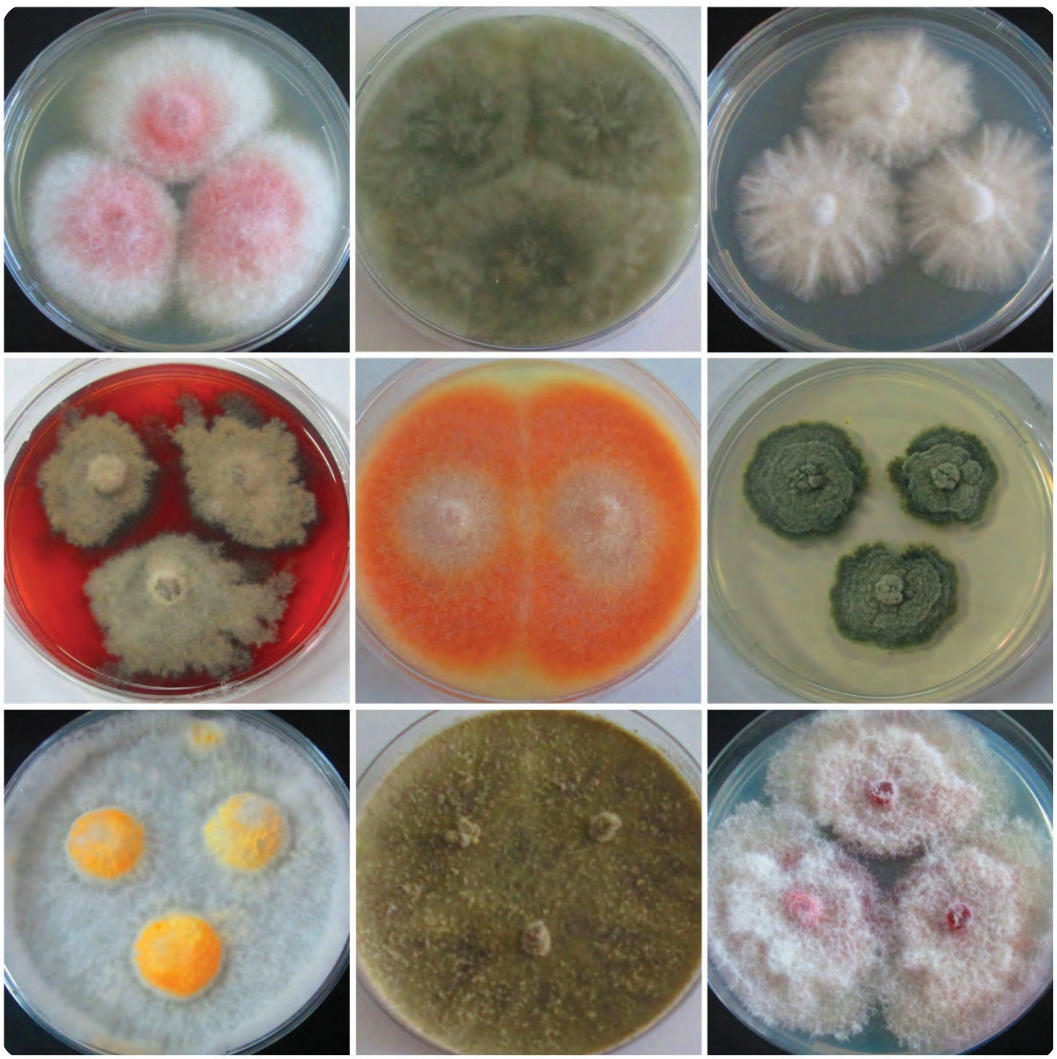


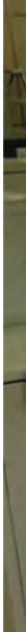
Foto: Puslit Biologi-LIPI, 2014

Gambar 65. Keanekaragaman kapang hasil isolasi di berbagai lingkungan Indonesia

Kultur Mikroba Kering
Puslit Biologi LIPI | 2013

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 4
KOLEKSI REFERENSI NASIONAL KEANEKARAGAMAN HAYATI



BAB 4 | KOLEKSI REFERENSI NASIONAL KEANEKARAGAMAN HAYATI

Keanekaragaman hayati (kehati) Indonesia dapat disimpan dalam bentuk spesimen acuan, seperti spesimen herbarium kering, herbarium basah, fosil, museum, dan spesimen hidup seperti biji, kultur mikrob, tumbuhan hidup, dan hewan hidup. Acuan koleksi tumbuhan yang disimpan dalam bentuk kering disebut sebagai herbarium kering dan koleksi yang disimpan dalam alkohol 70% disebut sebagai herbarium basah. Koleksi spesimen acuan herbarium disimpan dalam gedung herbarium, sedangkan koleksi hewan mati, baik yang dikeringkan maupun yang disimpan dalam alkohol 70% disimpan di museum. Koleksi fosil sekarang disimpan di Museum Geologi dan Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Bandung. Sebelum kedua lembaga ini didirikan, fosil daun, buah, biji atau kayu disimpan di gedung Herbarium Bogoriense. Kebun Raya Bogor memelihara koleksi biji terutama yang diperoleh dari tanaman yang ada di Kebun Raya, koleksi di lapangan atau hasil pertukaran dengan kebun raya lain. Oleh sebab itu, Kebun Raya Bogor beserta cabangnya mempunyai *Index Seminum* sebagai katalog biji yang tersedia untuk dipertukarkan. Kultur mikrob merupakan koleksi mikrob yang ditumbuhkan dalam media tertentu sesuai dengan mikrob yang disimpan. Koleksi kultur terdiri atas bakteria, ragi, kapang, dan mikroalga serta Actinomycetes. Koleksi kultur mikrob disimpan di tempat yang khusus. Koleksi tumbuhan hidup diletakkan pada beberapa tempat antara lain kebun raya, arboretum, kebun botani, kebun plasma nutfah, dan kebun kehati, sedangkan hewan hidup biasa dipelihara di kebun binatang atau taman safari.

4.1 Sejarah Koleksi Referensi Nasional

Kebun Raya Bogor

Semua induk lembaga penelitian hayati di Indonesia bermula dari s'Lands Plantetuin yang didirikan pada tahun 1817. Pendirian koleksi referensi di Bogor ini merupakan langkah awal dalam penyelamatan tumbuhan Indonesia. Di samping itu, juga untuk menampung hasil tukar menukar spesimen tumbuhan dengan Kebun Raya lain di luar negeri, seperti Paradeniya (Sri Lanka) dan Calcutta (India). Tumbuhan yang ditanam berasal dari koleksi Horsfield (1812–1818), Kurz (1870-an), dan lain-lain.

Pada saat dirintis oleh Pemerintah Belanda, Kebun Raya Bogor diresmikan dengan nama s'Lands Plantentuin te Buitenzorg pada tahun 1817, sebagai referensi flora hidup terutama bidang pertanian dan hortikultura. Berbagai jenis tanaman bernilai ekonomi dan potensial untuk pertanian dikumpulkan dari seluruh Nusantara. Kebun Botani yang awalnya seluas 47 ha dijadikan sebagai pusat pengembangan pertanian dan hortikultura. Berdasarkan katalog koleksi pertama tahun 1822, tercatat sekitar 900 jenis ditanam dan pada periode ini, dilakukan pengaturan penanaman tanaman koleksi dengan mengelompokkan berdasarkan suku yang dilanjutkan hingga kini.

Herbarium Bogoriense

Herbarium dikembangkan untuk melengkapi identitas koleksi tumbuhan yang dikoleksi dan merupakan bahan penelitian ilmiah serta dapat dipelajari setiap waktu. Spesimen herbarium dilengkapi informasi yang ringkas dan dapat dikirim dari satu herbarium ke herbarium lain untuk bahan acuan (Goss 2004). Koleksi spesimen herbarium yang berasal dari tumbuhan di Kebun Raya Bogor atau yang akan ditanam di Kebun Raya Bogor disimpan di Herbarium Hortus Botanicus Buitenzorg. Ketika spesimen dikumpulkan dari berbagai tempat dan tidak hanya yang ditanam di Kebun Raya Bogor maka dirasakan perlu dibuat gedung terpisah untuk penyimpanan. Pada tanggal 14 Agustus 1841 mulai dibangun gedung herbarium baru dan selesai pada tahun 1844 yang disebut sebagai Herbarium Bogoriense (BO). Gedung Herbarium Bogoriense tersebut kemudian direnovasi dan mulai dipakai sejak 1 April 1970. Gedung Herbarium Bogoriense yang baru berada di Cibinong dan diresmikan pada tahun 2007, sedangkan koleksi spesimen yang berasal dari dan untuk Kebun Raya Bogor masih disimpan di Herbarium Kebun Raya yang sekarang terletak di dalam Kebun Raya Bogor.

Untuk menyimpan koleksi tumbuhan hutan didirikanlah Herbarium Pusat Penyelidikan Kehutanan (BZF) pada tahun 1917. Herbarium ini sekarang berada di bawah Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Kementerian Kehutanan.

SEJARAH BERDIRINYA HERBARIUM BOGORIENSE

Foto: Puslit Biologi-LIPI

Foto: Puslit Biologi-LIPI

Gedung lama Herbarium Bogoriense (kiri) yang berdiri tahun 1841 dan gedung setelah direnovasi pada tahun 1970 (kanan)

Gedung Herbarium Bogoriense, Bidang Botani yang baru di Cibinong

Perhatian dunia terhadap koleksi tumbuhan di Indonesia sudah ada sebelum didirikannya kebun raya dan Herbarium Bogoriense, hal ini terbukti dengan adanya ekspedisi Marco Polo pada tahun 1292 untuk perdagangan rempah-rempah dan juga pengumpulan biji dari tumbuhan pewarna. Setelah itu, sejak VOC menduduki Indonesia, banyak ekspedisi dilakukan ke Indonesia. Tidak kurang dari 140 ekspedisi internasional dilakukan hingga tahun 1948 (van Steenis & Kruseman 1950).

Koleksi Kultur Mikrob Indonesia (*Indonesian Culture Collection*)

Sejarah Koleksi Kultur Mikrob Indonesia atau *Indonesian Culture Collection* (InaCC) dimulai sejak Melchior Treub, yaitu pendiri laboratorium Treub tahun 1894 yang merupakan cikal bakal laboratorium fitokimia, morfologi, genetika, fisiologi, dan mikrob. Laboratorium ini merupakan salah satu pionir dalam penelitian mikrob endofit. Tahun 1884 Treub telah mendeskripsikan simbiosis jamur endomikoriza pada *lycopod* dan tumbuhan paku-pakuan. Oleh sebab itu, laboratorium Treub disebut sebagai laboratorium eksperimen biologi (biologi percobaan). Penelitian mikrob endofit di laboratorium ini lebih difokuskan pada pemanfaatan kapabilitas mikrob endofit yang berasosiasi dengan tumbuhan obat Indonesia dalam memproduksi dan melakukan biotransformasi senyawa bioaktif alami untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi kandidat obat antiinfeksi (antibiotika, malaria) dan antikanker. Pada era 1994–2000, laboratorium fitokimia memegang komando dalam penelitian eksplorasi komponen kimia tumbuhan aromatik dan telah menganalisis sekitar 70 jenis minyak atsiri tumbuhan Indonesia. Ketika reorganisasi Lembaga Biologi Nasional menjadi Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi tahun 1986, Laboratorium Treub dibagi menjadi 2 bagian, laboratorium mikrobiologi berubah menjadi Balai Penelitian dan Pengembangan Mikrobiologi, sedangkan laboratorium fitokimia, morfologi, genetika, fisiologi bersatu dengan herbarium menjadi Balai Penelitian dan Pengembangan Botani. Penelitian dan koleksi mikrob yang terutama dikembangkan adalah *Rhizobium*, *Rhizophus*, dan *Fusarium* dan pada tahun 1970-an menjadi spesimen koleksi Bidang Mikrobiologi. Pemerintah Jepang juga membantu pembangunan gedung koleksi referensi mikrob yang kemudian disebut sebagai Koleksi Kultur Indonesia (*Indonesian Culture Collection*) pada tahun 2012.

Museum Zoologicum Bogoriense

Pada tahun 1890 pemerintah Belanda mulai memikirkan pentingnya ahli zoologi untuk meneliti hama dan penyakit tanaman. Pentingnya kehadiran ahli zoologi ini membutuhkan keterlibatan pihak swasta untuk membiayai penelitian tersebut. Mr. C.A. Henny (Direktur Nederlandsch-Indische Handelsbank di Jakarta) dan Th.J. van Haren Noman (Nederlandsch-Indische Landbouw Maatschappij) sangat berperan dalam penggalangan dana sehingga pada bulan Agustus 1894, seorang ahli zoologi pertanian, yaitu Dr.

SEJARAH BERDIRINYA KOLEKSI KULTUR MIKROB INDONESIA

Foto: Puslit Biologi-LIPI

Foto: Puslit Biologi-LIPI

Gedung Laboratorium Treub (kiri) yang menjadi cikal bakal berdirinya gedung Koleksi Kultur Indonesia atau yang sekarang dikenal sebagai *Indonesia Culture Collection* (InaCC) (kanan).

SEJARAH BERDIRINYA MUSEUM ZOOLOGICUM BOGORIENSE

Foto: Puslit Biologi-LIPI
Gedung Landbouw Zoologisch Museum yang saat ini menjadi ruang pamer Museum Zoologicum Bogoriense di dalam kompleks Kebun Raya Bogor

Logo Museum Zoologicum Bogoriense yang diciptakan oleh Dr. A. Diakonoff dan Dr. M.A. Lieftinck

Foto: Puslit Biologi-LIPI
Gedung Museum Zoologicul Bogoriense (Widyasatwaloka), Bidang Zoologi di Cibinong

J.C. Koningsberger bekerja di Bogor sebagai kepala Landbouw-Zoologisch Laboratorium. Bulan tersebut akhirnya disepakati sebagai hari lahirnya museum yang kemudian bernama Museum Zoologicum Bogoriense. Pada pertengahan tahun 1900 sampai akhir Agustus 1901, gedung pertama yang betul-betul berfungsi sebagai museum selesai dibangun dan diberi nama Landbouw Zoologisch Museum (Kadarsan *et al.* 1994).

Pada perkembangan selanjutnya, museum zoologi ini mengalami kemajuan yang pesat seiring dengan bertambahnya koleksi. Sejak berdirinya Landbouw Zoologisch Laboratorium tahun 1894 sampai saat ini menjadi Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, museum telah berganti nama dan status kelembagaan beberapa kali. Nama Museum Zoologicum Bogoriense (MZB) sendiri diberikan tahun 1947 sebagai identitas acuan koleksi nasional (Indonesia) yang dirujuk secara internasional. Bersamaan dengan digunakannya nama MZB, Dr. A. Diakonoff dan Dr. M.A. Lieftinck menciptakan simbol dengan menggunakan satwa komodo yang memperkuat jati diri museum. Logo ini muncul pertama kali dalam jurnal ilmiah Treubia Vol. 19 No. 1–3 tahun 1947/1948. Pada saat ini logo MZB hanya digunakan dalam dokumen *shipping invoice* untuk transfer spesimen dan material satwa lainnya ke luar negeri.

Pada tahun 1905, J.C. Koningsberger yang menjadi kepala MZB membangun koleksi spesimen acuan fauna laut. Beliau mendirikan stasiun penelitian ikan yang dise-

Tabel 19. Ekspedisi Museum Zoologicum Bogoriense Sebelum Kemerdekaan Republik Indonesia

No	Ekspedisi	Tahun	Lokasi
1	Siboga *Expedition*	1899–1900	Indonesia Timur
2	*Netherlands Expedition North New Guinea*	1903	Papua Utara
3	*Royal Netherlands Geographic Society*	1904–1905	Papua Barat Daya
4	*1st New Guinea Expedition*	1907	Papua
5	*2nd New Guinea Expedition*	1909–1910	Papua
6	*3rd New Guinea Expedition*	1912-1913	Papua
7	Krakatau Expedition	1919,1921,1924,1928	Krakatau
8	Mamberamo *Expedition*	1920–1928	Papua Utara
9	Boeroe *Expedition*	1921–1922	Buru, Maluku
10	Lampong *Expedition*	1921	Lampung
11	Doerian Lingga *Expedition*	1923	Lingga, Kep. Riau
12	Idjen *Expedition*	1924	Peg. Idjen, Jawa Timur
13	Mentawai *Expedition*	1924	Kep. Mentawai
14	West Borneo *Expedition*	1924–1925	Kalimantan Barat
15	Soemba *Expedition*	1925	Sumba, NTT
16	*Middle East Borneo Expedition*	1925	Kalimantan Timur
17	*Nortwest Soematra Expedition*	1925	Sumatra Barat
18	*Rench Soenda Expedition*	1927	Nusa Tenggara
19	*Netherlands Indie American Expedition*	1926	Papua
20	*Sangihe Talaud Expedition*	1926	Sulawesi Utara
21	Karimoendjawa *Expedition*	1926	Kep. Karimunjawa
22	*Deutsche Limnologische Soenda Expedition*	1928	Indonesia Timur
23	*Snellius Expedition I*	1929–1930	Indonesia Timur
24	*Archbold Expedition III*	1938–1939	Papua Barat
25	*Le Roux Expedition*	1939	Papua Barat

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

but Visscherij Station di Pasar Ikan, Jakarta. Lembaga ini didirikan dengan tujuan meneliti biota laut yang bernilai ekonomi. Pada tahun 1915, lembaga ini berubah menjadi Visscherij Station te Batavia dan lembaga ini semula termasuk dalam struktur 'sLands Plantentuin.

Pada tahun 1922, lembaga ini berganti nama menjadi Laboratorium voor Het Onderzoek der Zee (LOZ). Pada tahun 1949, berubah lagi menjadi Laboratorium Penyelidikan Laut, tahun 1955 menjadi Lembaga Penyelidikan Laut, dan pada tahun 1962 menjadi Lembaga Penelitian Laut yang menjadi bagian dari Lembaga Biologi Nasional. Pada tahun 1970 menjadi Lembaga Oseanologi Nasional (LON) di bawah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Akhirnya, pada tahun 1986 LON menjadi Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI dan pada tahun 2001 menjadi Pusat Penelitian Oseanografi.

Perhatian dunia terhadap MZB telah ada sejak museum ini didirikan. Berbagai kerja sama ekspedisi yang dilakukan dengan negara asing serta kunjungan para ahli untuk mempelajari fauna Indonesia telah tercatat dalam sejarah MZB. Ekspedisi-ekspedisi besar telah dilakukan mulai dari Sumatra sampai Papua. Pada zaman pemerintahan Belanda sendiri, tidak kurang 25 ekspedisi berskala internasional telah dilakukan sehingga tidak mengherankan jika banyak pula spesimen fauna Indonesia tersimpan di banyak museum di dunia (Tabel 19).

Kondisi koleksi MZB pascakemerdekaan tetap menjadi perhatian dunia. Pada tahun 1963, dalam pertemuan dengan UNESCO di Bandung, diputuskan bahwa MZB akan dibina sebagai pusat koleksi referensi fauna untuk kawasan Asia Tenggara. Berbagai pekerjaan untuk menunjang hal tersebut telah dilakukan, seperti perbaikan dan penambahan infrastruktur. Namun, gejolak politik menghentikan semua usaha untuk mewujudkan hasil pertemuan dan keinginan UNESCO tersebut.

Setelah sekian dekade berjalan, dunia tetap tidak lupa atas pentingnya koleksi fauna di MZB. Pada tahun 1990–2000, Puslit Biologi-LIPI mendapat bantuan Pemerintah Jepang melalui JICA dan Global Environment Facility (GEF)-World Bank untuk pembangunan fasilitas baru dan peningkatan kapasitas peneliti Puslit Biologi-LIPI. Bantuan tersebut adalah sebuah pengakuan dunia atas koleksi fauna di MZB sehingga pada tahun 1997 MZB mendapatkan gedung baru yang bertempat di Cibinong, Kabupaten Bogor. Dengan fasilitas berstandar internasional dan modern tersebut spesimen-spesimen fauna akan lebih terjamin pemeliharaannya dan lebih dari itu, MZB juga ditunjang oleh laboratorium-laboratorium fisiologi dan ekologi.

4.2 Referensi Fauna

Koleksi dalam MZB dibagi menjadi beberapa kelompok, yaitu mamalia, burung (*aves*), reptilia, dan amfibi (herpetofauna), ikan, moluska, insekta, dan artropoda lainnya (endoparasit dan ektoparasit). Spesimen yang ada di MZB diawetkan dengan dua cara, yaitu spesimen kering dan spesimen basah. Spesimen kering dapat berbentuk kulit, bulu, dan tulang, sedangkan spesimen basah dapat berupa tubuh utuh atau organ dalam yang direndam dalam alkohol 70% (Gambar 66).

Kedua tipe pengawetan spesimen tersebut disimpan dengan cara berbeda. Spesimen kering disimpan dalam kabinet kedap udara dengan temperatur dan kelembapan yang terjaga; sedangkan spesimen basah disimpan dalam ruangan yang bersirkulasi udara baik. Persamaan dari kedua tempat penyimpanan adalah suhu dan kelembapan terkontrol pada rentang 20°–21°C dan 45–60%. Konstruksi bangunan tempat penyimpanan spesimen juga anti-api dan tahan gempa agar lebih menjamin keselamatan spesimen (Gambar 67).

Seiring dengan perkembangan teknologi molekuler, MZB juga memiliki koleksi DNA fauna Indonesia. Koleksi DNA ini menjadi penting karena fungsinya tidak hanya sebagai pendukung proses identifikasi satwa, tetapi juga dapat menjadi alat pemetaan sumber daya genetika yang sangat akurat. Oleh karena itu, DNA menjadi penting tidak hanya terbatas dalam keilmuan taksonomi

Foto: Puslit Biologi-LIPI 2014

Gambar 66. Koleksi basah (kiri) dan koleksi kering (kanan), cara pengawetan spesimen di Museum Zoologicum Bogoriense

Foto: Puslit Biologi-LIPI 2014

Gambar 67. Kiri: ruang penyimpanan koleksi kering, Kanan: ruang penyimpanan koleksi basah

yang menjadi kompetensi utama MZB, tetapi juga dalam bidang aplikasi konservasi dan pemanfaatan kehati.

Kegiatan koleksi material DNA di MZB dimulai sejak tahun 1997. Pada tahun 2011 MZB memiliki 3.966 spesimen mamalia, 4.752 spesimen burung, 637 spesimen komodo, dan 500 spesimen ngengat (serangga). Spesimen yang telah selesai dilakukan *barcoding* DNA adalah mamalia (407 sekuen/jenis), burung (538 sekuen/jenis), insekta (56 sekuen/20 jenis), dan komodo (637 sekuen/jenis).

Spesimen yang disimpan sebagai referensi fauna Indonesia dibagi menjadi dua macam spesimen, yaitu spesimen tipe dan spesimen umum. Spesimen tipe adalah spesimen yang dipakai sebagai acuan dalam mendeskripsikan suatu jenis satwa. Spesimen tipe juga terbagi menjadi berbagai kategori, yaitu holotipe, paratipe, sintipe, dan neotipe. Holotipe adalah spesimen tipe yang paling penting karena spesimen ini merupakan spesimen utama dalam pendeskripsian jenis, sedangkan kategori tipe yang lain merupakan pelengkap. Spesimen umum memiliki nilai yang penting karena informasi dari koleksi ini dapat menggambarkan daerah sebaran satwa dan ekosistemnya.

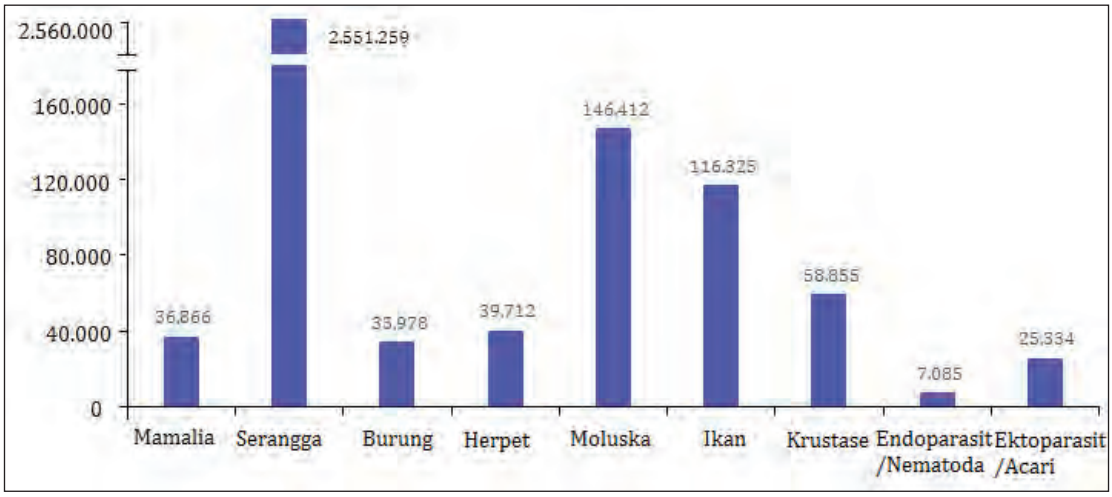
MZB membedakan pelabelan antara spesimen tipe dan spesimen umum. Spesimen tipe memiliki label berwarna merah, sedangkan spesimen umum berwarna putih (Gambar 68).

Koleksi spesimen tipe yang ada sebelum masa kemerdekaan sebagian besar telah dipindahkan ke Belanda atau museum-museum di Eropa atau Amerika Serikat. Koleksi spesimen tipe yang dikumpulkan setelah zaman kolonial hampir seluruhnya tersimpan di MZB. Setelah Indonesia merdeka maka hampir seluruh spesimen tipe disimpan dengan baik di MZB. Hal ini sangat penting karena Indonesia harus dapat menyimpan koleksi-koleksi referensi kehatinya sendiri. Apalagi International Commission for Zoological Nomenclature (ICZN) menyarankan agar holotipe disimpan di negara tempat spesimen tersebut dikoleksi. Hal ini semakin diperkuat setelah diratifikasinya Convention on Biological Diversity (CBD).

Jumlah spesimen dan jumlah jenis yang dimiliki oleh MZB adalah yang terbesar di Asia Tenggara. Hal ini tidak mengherankan karena sejalan dengan kekayaan kehati Indonesia. Hasil koleksi yang telah dilakukan sejak MZB berdiri hingga saat ini berjumlah lebih dari 3 juta spesimen. Komposisi jumlah spesimen yang dimiliki oleh MZB dari berbagai taksa dapat dilihat pada Gambar 69. Perbandingan jumlah total spesimen dari tiap takson ini juga

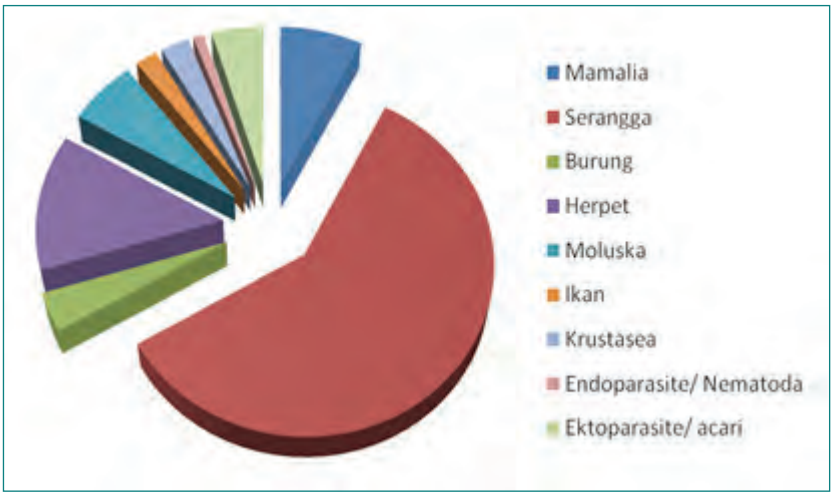
Foto: Puslit Biologi-LIPI 2014

Gambar 68. Spesimen holotipe *Melipotes carolae* dengan label merah dari Papua yang dideskripsi tahun 2010



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 69. Komposisi koleksi fauna MZB. Spesimen serangga merupakan koleksi terbesar



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

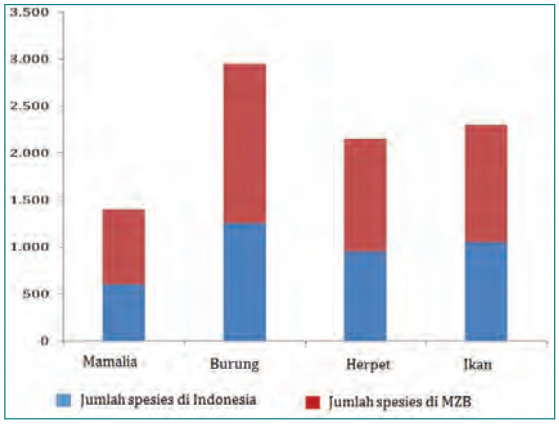
Gambar 70. Komposisi jumlah spesimen tipe di MZB

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 71. Gambar lokasi koleksi spesimen fauna dari berbagai kelompok takson

mirip dengan perbandingan jumlah spesimen tipenya (Gambar 70) (Kadarsan *et al.* 1994).

Koleksi serangga merupakan koleksi terbesar dengan jumlah lebih dari 2 juta spesimen atau sekitar 85% dari total koleksi MZB. Selanjutnya, disusul oleh koleksi moluska, krustasea, dan ikan. Koleksi vertebrata lainnya, yaitu burung, herpetofauna, (reptil dan amfibi) serta mamalia jumlahnya hanya sekitar 1% dari total koleksi MZB. Spesimen koleksi MZB dikumpulkan dari seluruh penjuru Nusantara sehingga secara umum koleksi fauna di MZB (terutama vertebrata) hampir mewakili keseluruhan jenis-jenis satwa di Indonesia (Gambar 71).



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 72. Perbandingan antara jumlah jenis takson dari kelompok vertebrata yang sudah terkoleksi oleh MZB dan jumlah jenis takson tersebut di Indonesia

Meskipun lokasi yang menjadi pusat koleksi hampir mencakup seluruh penjuru nusantara dan aktivitas ekspedisi telah dilakukan sebelum MZB berdiri; tidak berarti koleksi di MZB sudah lengkap. Koleksi spesimen burung telah dimulai sejak tahun 1866 (mendahului dibentuknya MZB), artinya kegiatan inventarisasi burung sudah berjalan selama 148 tahun. Meskipun demikian ternyata jumlah jenis yang telah dikoleksi baru mencapai sekitar 1.210 dari 1.605 atau sekitar 75% (Tabel 20). Kondisi demikian juga terjadi pada takson lain, terutama dari kelompok vertebrata sehingga rata-rata jumlah jenis yang ada di MZB baru mencapai 70–80% dari total jenis yang ada di Indonesia (Gambar 72). Kelompok invertebrata memiliki perbedaan yang cukup jauh antara jumlah jenis yang sudah terkoleksi dan perkiraan jumlah jenis sesungguhnya di Indonesia.

Spesimen-spesimen baru dapat memberikan data yang lebih lengkap jika didukung dengan data molekuler. Pada lokasi tertentu seperti daerah Wallacea dan Indonesia Timur, masih banyak jenis-jenis yang belum terungkap. Jika koleksi satwa yang disimpan di MZB dapat dilengkapi maka kehati Indonesia dapat dipetakan dengan utuh sehingga semua potensi fauna Indonesia dapat terungkap.

Tabel 20. Perbandingan Koleksi Spesimen Burung di MZB dan Status Jenis Burung di Indonesia

Jumlah	MZB	Indonesia
Jenis	1.210	1.605
Bangsa	20	20
Suku	87	94

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

4.3 Referensi Flora

Spesimen herbarium dipakai sebagai acuan dalam mengemukakan jenis baru. Spesimen acuan ini disimpan di suatu herbarium dan juga digunakan, baik sebagai bahan penelitian saat jenis baru dikemukakan, daftar jenis, maupun saat membuat flora.

Berdasarkan *Index Herbarium Indonesianum* (Girmansyah *et al.* 2006), di Indonesia ada 30 herbaria dan beberapa di antaranya berada di bawah universitas. Setiap herbarium di daerah umumnya mengelola spesimen herbarium untuk lokasi masing-masing atau berdasarkan keahlian penelitinya. Selain Herbarium Bogoriense (BO), ada beberapa herbarium yang sudah terdaftar di International Association Plant Taxonomy seperti Herbarium SEAMEO Biotrop (BIOT), Herbarium Celebense (Universitas Tandulako, Palu CEB), Herbarium Andalas (ANDA, Universitas Andalas, Padang), Universitas Papua (MAN, Universitas Negeri Papua), Herbarium Botani Hutan (BZF), dan Herbarium Kebun Raya Bogor (KRB).

Koleksi herbarium di Indonesia umumnya disimpan di herbarium milik pemerintah atau milik lembaga, seperti di Kebun Percobaan di Medan, Deli, dan Pasuruan serta Pusat Penelitian Konservasi Alam dan Rehabilitasi Hutan di Bogor. Akhir-akhir ini banyak spesimen dari lembaga tersebut di atas telah menghibahkan spesimennya ke Herbarium Bogoriense, misalnya Pusat Penelitian Gula di Pasuruan. Koleksi pribadi yang dipunyai oleh beberapa peneliti seperti Lorzing, de Vries (Pterydophyta), Coert, Posthmus (teru-

Dalam dunia tumbuh-tumbuhan, kata "flora" berasal dari Bahasa Latin yang artinya dewi untuk bunga, dalam mitos Roma. Oleh sebab itu, flora mempunyai dua definisi. Definisi pertama, flora adalah semua tumbuhan yang hidup pada suatu daerah tertentu pada waktu tertentu. Definisi kedua, flora adalah biota atau tumbuh-tumbuhan. Di Kamus Besar Bahasa Indonesia (2013: 394) didefinisikan bahwa flora adalah keseluruhan kehidupan jenis tumbuhan di suatu habitat, baik di atas maupun di dalam tanah

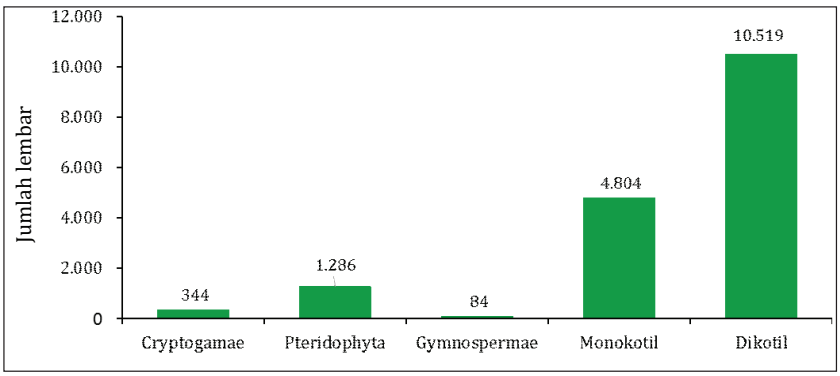
tama Pterydophyta), Holstvoogd, Copeland, Brooks, dan van der Meer & Den Hoed. Umumnya koleksi yang disimpan secara pribadi tersebut juga mempunyai duplikat yang disimpan di herbarium pemerintah atau didonasikan ke lembaga botani lain, baik yang berada di Indonesia maupun di luar Indonesia. Seringkali koleksi herbarium di herbarium pribadi mempunyai jenis yang jarang diketemukan dan sangat berguna bagi ilmu pengetahuan. Herbarium Kebun Raya Bogor (BOHB, kode lama koleksi spesimen Herbarium Hortus Botanicus) yang dikenal sebagai Herbarium Hortus Botanicus Buitenzorg menyimpan koleksi spesimen tumbuhan yang ditanam di Kebun Raya Bogor. Apabila spesimen hidupnya mati maka spesimen herbarium yang pernah diambil dari tanaman hidup tersebut dipindahkan ke Herbarium Bogoriense (BO) sebagai koleksi dan diletakkan di bagian *culta*.

Spesimen herbarium yang tertua adalah *Asplenium caudatum* yang dikoleksi antara tahun 1802–1818 oleh Thomas Horsfield dari Jawa. Berdasarkan sejarahnya, Herbarium Bogoriense memiliki banyak koleksi penting seperti koleksi kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) yang pertama kali ditanam di Kebun Raya Bogor dan spesimennya disimpan di Herbarium Bogoriense. Banyak jenis tumbuhan yang semula ditanam di Kebun Raya Bogor menjadi spesimen tipe ketika dideskripsi jenisnya, misalnya pada *Gigantochloa hasskarliana* dan *Tragia lassia*. Dengan demikian, koleksi spesimen di Herbarium Bogoriense tidak mudah untuk dipisahkan dari tumbuhan hidup yang ada di Kebun Raya Bogor karena kadang-kadang tipe spesimennya masih hidup di Kebun Raya dengan baik. Di samping itu, koleksi herbarium di Herbarium Bogoriense sangat diperlukan bagi ahli taksonomi yang berkecimpung dalam revisi untuk Flora Malesiana karena banyak koleksi ahli taksonomi terkenal seperti C.L. Blume, J.K. Hasskarl, J.E. Teysmann, S.H. Koorders, C.A. Backer, A.G.O. Penzig, K.B. Boedijn, A.J.G.H. Kostemans, J.J. Smith, R.E. Holttum yang disimpan di Herbarium Bogoriense.

Koleksi herbarium juga dibagi menjadi koleksi umum dan koleksi tipe. Koleksi umum adalah koleksi yang diperoleh waktu mengadakan eksplorasi, sedangkan koleksi tipe adalah koleksi umum yang digunakan sebagai acuan ketika mendeskripsikan jenis baru. Jadi koleksi tipe bernilai sangat penting karena pendeskripsian jenis baru biasanya didasarkan pada koleksi tipe. Koleksi tipe dibagi dalam holotipe (koleksi acuan yang dipakai oleh penulis ketika mengemukakan jenis baru), isotipe (koleksi duplikat yang digunakan oleh penulis ketika mengemukakan jenis baru dan diperoleh dari penyimpanan duplikat spesimen tumbuhan dengan nomor koleksi yang sama), dan neotipe adalah koleksi tipe yang baru ditunjuk oleh penulis karena tipe koleksi yang lama hilang, baik di lokasi asli tipe disimpan maupun di herbaria lain di dunia.

Berdasarkan pembagian tersebut maka koleksi umum berjumlah lebih banyak dibandingkan koleksi tipe. Koleksi tipe yang ada di Herbarium Bogoriense berjumlah 17.037 lembar yang terdiri atas koleksi Cryptogamae, Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyl dan Dicotyl (Gambar 73), dari 19.289 jenis dan 1.657 marga.

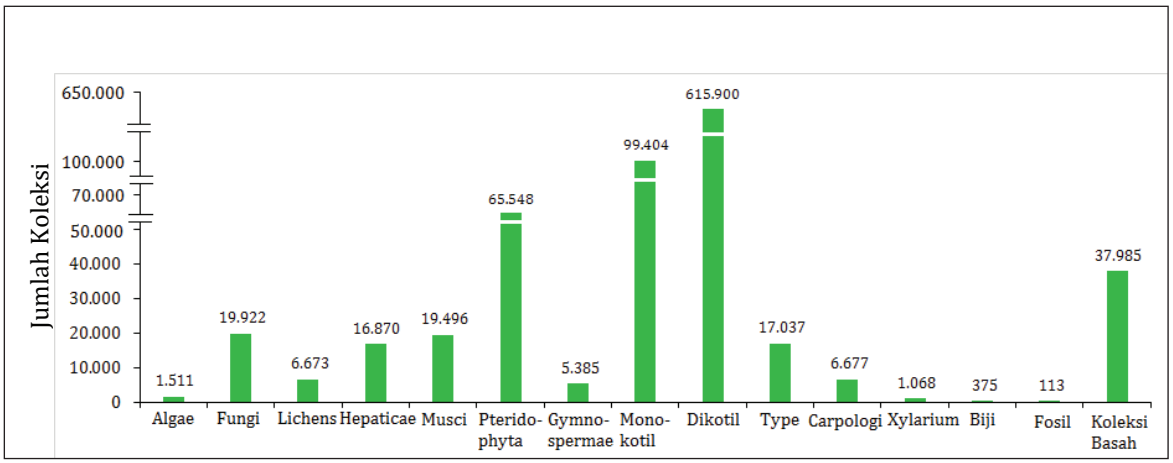
Spesimen herbarium tersebut terdiri atas alga, fungi, lichens, Hepaticae, musci, pakupakuan, Gymnospermae, Angiospermae



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

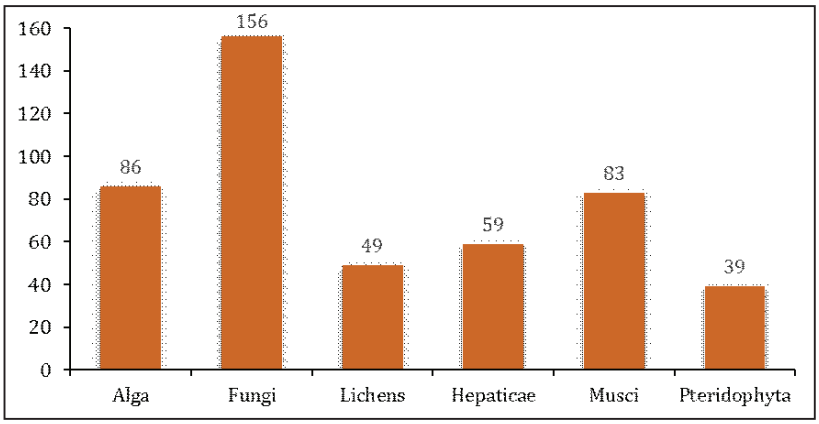
Gambar 73. Koleksi tipe di Herbarium Bogoriense

(monokotil dan dikotil) (Gambar 74). Untuk tumbuhan berspora, koleksi Fungi, *Musci*, dan Hepaticae merupakan koleksi terbanyak karena peneliti di kelompok ini aktif mengoleksi. Selain itu, juga banyak koleksi K.B. Boedijn yang disimpan di Herbarium Bogoriense. Koleksi basah (berjumlah 37.985 botol) merupakan koleksi terbesar, baik di Asia Tenggara maupun di dunia. Koleksi basah terdiri atas koleksi bunga dan buah sebagai pelengkap koleksi kering dan sangat penting dalam penelitian taksonomi karena tidak diperlukan lagi perebusan spesimen bunga untuk penelitian lebih lanjut.



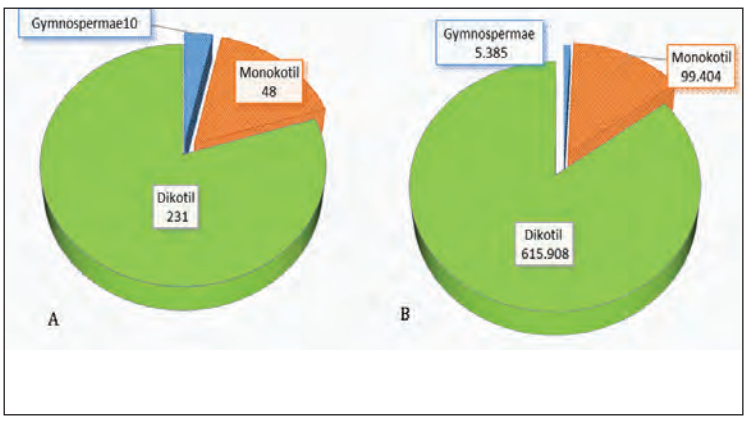
Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 74. Jumlah koleksi spesimen herbarium di Herbarium Bogoriense



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 75. Koleksi spesimen alga dan tumbuhan berspora di Herbarium Bogoriense berdasarkan jumlah suku



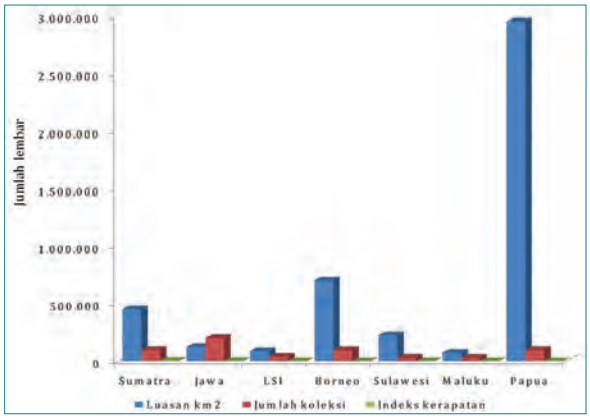
Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 76. Koleksi herbarium tumbuhan berbunga berdasarkan (A) jumlah suku dan (B) jumlah lembar koleksi

KEGIATAN YANG DILAKUKAN DI HERBARIUM BOGORIENSE

Foto: Puslit Biologi-LIPI, 2014
Mounting spesimen herbarium

Lemari tempat penyimpanan spesimen herbarium



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 77. Luas pulau, jumlah koleksi, dan indeks kerapatan koleksi di Indonesia hingga tahun 1950

Koleksi umum terdiri atas spesimen tumbuhan alga, tumbuhan berspora, dan tumbuhan berbiji. Koleksi jamur merupakan koleksi yang terbanyak ditinjau dari jumlah sukunya dibandingkan *Musci* dan Hepaticae (Gambar 75). Pada Gambar 76 tampak bahwa koleksi Angiospermae (Dikotil) (74%) mempunyai suku lebih banyak dibanding Monokotil (15%) dan Gymnospermae (3%).

Jumlah Kegiatan Eksplorasi Botani

Eksplorasi tumbuhan di Herbarium Bogoriense telah dilakukan sejak berdiri pada tahun 1841. Sebelumnya eksplorasi dilakukan ke seluruh wilayah Indonesia untuk konservasi *ex situ* di Kebun Raya Bogor. Mengingat luasnya wilayah Indonesia yang terdiri atas lebih dari 17.000 pulau maka van Steenis & Kruseman (1950) telah membuat indeks kerapatan asal seperti disajikan pada Gambar 77. Berdasarkan indeks kerapatan koleksi per 100 km^2 menunjukkan bahwa kegiatan eksplorasi di semua pulau masih sangat kecil bila dibandingkan dengan luasnya lokasi. Oleh karena itu, penambahan koleksi sangat diperlukan.

Gambar 78 menunjukkan bahwa pengumpulan koleksi sudah dilakukan di seluruh Indonesia namun memang masih ada daerah-daerah yang belum dieksplorasi (Gambar 79). Sebagai contoh di Sumatra, masih diperlukan koleksi dari daerah Aceh, Indragiri, Jambi, Palembang, Pulau Bras, Kepulauan Banyak, Nias, Pagai, Belitung, dan Mendanau. Di Jawa, juga masih diperlukan eksplorasi di pulau-pulau dekat Banten Barat laut, yaitu Pulau Christmast, Sempu, dan Nusa Barung. Demikian pula pada pulau-pulau lain di Borneo, Sulawesi, Maluku, dan New Guinea. Data untuk Borneo masih termasuk Sabah, Serawak, dan Brunei, sedangkan untuk daerah New Guinea masih termasuk Papua New Guinea.

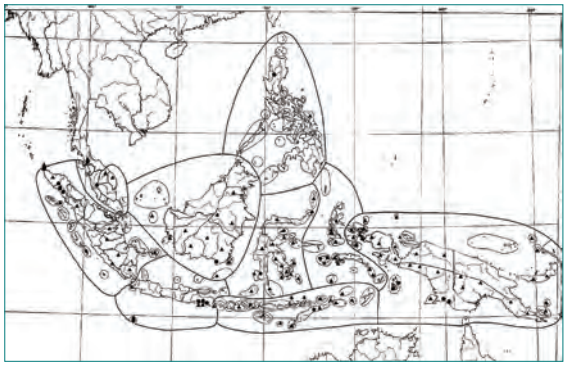
Kolektor tumbuhan berspora yang terkenal antara lain Lorzing yang merupakan kolektor tunggal untuk tumbuhan di Sumatra, sedangkan Koorders, Horsfield, Blume, Backer dan Bakhuizen merupakan kolektor utama tumbuhan dikotil di Jawa. Untuk lokasi daerah lain dapat ditelusuri pada tulisan van Steenis Kruseman (1950).

4.4 Referensi Kultur Mikrob

Kekayaan mikrob, sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan harkat, martabat, dan kesejahteraan

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 78. Peta persebaran koleksi di Indonesia sejak Herbarium Bogoriense didirikan



Sumber: van Steenis – Kruseman 1950

Gambar 79. Peta menunjukkan lokasi yang masih perlu dilakukan eksplorasi: menunjukkan area yang masih perlu dieksplorasi secara ekstensif (hasil eksplorasi sudah ada) dan menunjukkan area yang perlu dieksplorasi secara intensif

bangsa Indonesia. Padahal, ditinjau dari perkembangan ilmu pengetahuan, hasil penelitian menunjukkan bahwa mikrob memegang peranan penting dalam menghasilkan produk-produk bernilai ekonomi tinggi. Penelitian terhadap potensi mikrob Indonesia untuk bidang pertanian (seperti untuk penghasil herbisida alami, pupuk biologi, *biological control* untuk berbagai jenis hama dan penyakit tanaman), untuk bidang kesehatan (antara lain untuk sumber penghasil antibiotika, senyawa bioaktif baru, *ion-blocker* untuk pengobatan penyakit dan molekul penangkal infeksi virus termasuk flu burung dan lain-lain), dan di bidang lingkungan untuk bioremediator termasuk untuk menangani pencemaran minyak, telah banyak dilakukan oleh peneliti di berbagai lembaga penelitian dan perguruan tinggi serta perusahaan swasta di Indonesia. Belakangan ini negara-negara maju di dunia sangat tertarik untuk mengakses kekayaan mikrob Indonesia yang belum didata dan dieksplorasi secara optimal. Kegiatan eksplorasi untuk menggali potensi mikrob Indonesia telah banyak dilakukan para peneliti Indonesia. Kegiatan eksplorasi dan penelitian tersebut telah banyak menemukan berbagai jenis mikrob berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Oleh karena itu, untuk mempertahankan kekayaan mikrob Indonesia diperlukan sistem dokumentasi, penyimpanan, pemeliharaan, dan pengujian yang berstandar internasional. Kekayaan mikrob Indonesia yang disimpan dalam suatu sistem penyimpanan berstandar internasional akan terus bertambah seiring dengan kegiatan eksplorasi yang terus dilakukan.

Ada 18 koleksi kultur mikrob di Indonesia yang telah melakukan kegiatan preservasi kultur mikrob meliputi LIPI *Microbial Collection* (LIPIMC), *Biotechnology Culture Collection* (BTCC), *Balitvet Culture Collection* (BCC), *Biofarma Culture Collection* (BFCC), *Biogen Culture Collection* (BiogenCC), *Biotek Microbial Culture Collection* (BioMCC), *Biotechnology Lemigas Culture Collection* (BLCC), *BPPT Culture Collection* (BPPTCC), *Diponegoro*

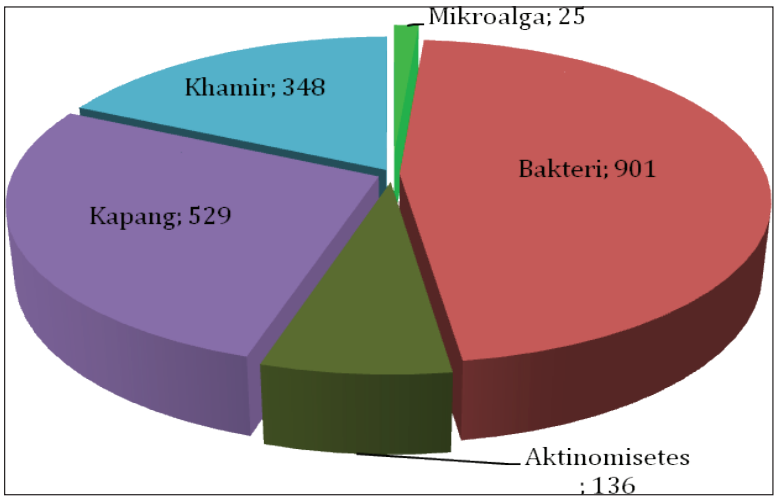
Foto: Puslit Biologi-LIPI 2014

Gambar 80. Kultur mikrob dalam bentuk kering-beku di koleksi kultur InaCC

University Culture Collection (DUCC), *Food and Nutrition Culture Collection* (FNCC), *IPB Culture Collection* (IPBCC), ITB *Culture Collection* (ITBCC), *Department of Microbiology, faculty of Medicine, University of Indonesia Culture Collection* (MUICC), *National Center for Fish Quality Control Culture Collection* (NCQCCC), Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi *Culture Collection* (PAIRCC), RS. Paru Dr. H.A. Rotinsulu *Culture Collection* (RSPRCC), *University of Indonesia Culture Collection* (UICC), dan Universitas Udayana *Culture Collection* (UNUDCC) (Sjamsuridzal *et al*. 2008).

Dalam perjalanannya, LIPIMC dan BTCC bergabung menjadi *Indonesia Culture Collection* (InaCC) sebagai tempat penyimpanan dan konservasi mikrob nasional yang berstandar internasional mengikuti panduan OECD *Biological Resource Center* (BRC) yang diakui internasional. InaCC merupakan tempat konservasi *ex situ* mikrob yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung sektor pangan, pertanian, kesehatan, dan energi. Koleksi mikrob BRC melingkupi pelayanan penyediaan dan penyimpanan sel-sel hidup, genom suatu organisme, dan informasi terkait dengan hereditas dan fungsi-fungsi dalam suatu sistem biologi. Penyimpanan jangka panjang dapat dilakukan dalam suhu dingin dan dalam bentuk kering beku (Gambar 80). Sebagai BRC, InaCC sampai saat ini telah menyimpan beraneka ragam jenis mikrob aset bangsa yang merupakan hasil kegiatan eksplorasi. Catatan penelitian di bidang mikrobiologi khususnya taksonomi dari tahun 2000–2010 menunjukkan perkembangan yang sangat pesat. Beberapa jenis bakteri asam asetat dan Actinomycetes jenis baru (marga baru dan jenis baru) telah ditemukan dan dipublikasikan di jurnal ilmiah internasional (Lisdiyanti *et al.* 2000, 2001, 2002, 2010). Pemanfaatan isolat-isolat baru pun telah dilakukan untuk memproduksi pupuk, enzim, bahan pangan dan pakan, dan lain sebagainya. Berbagai peluang terbuka luas untuk mencari jenis mikrob baru dan mendapatkan gen-gen potensial serta menggunakannya untuk pembangunan ekonomi dan kesejahteraan bangsa. Saat ini, sekitar 10.000 mikrob koleksi para peneliti di LIPI masih perlu divalidasi dan dipreservasi dengan metode yang berstandar internasional.

Koleksi hidup mikrob yang disimpan di *Indonesian Culture Collection* (InaCC), Pusat Penelitian Biologi-LIPI saat ini terdiri atas



Sumber: Puslit Biologo-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 81. Jumlah isolat pada koleksi kultur mikrob referensi nasional (InaCC).

LEMBAGA KONSERVASI (LK) DI INDONESIA

Berdasarkan Peraturan menteri Kehutanan Nomor: P.31/Menhut-II/2012 bahwa lembaga konservasi dibagi menjadi 2 kelompok dari 11, yaitu

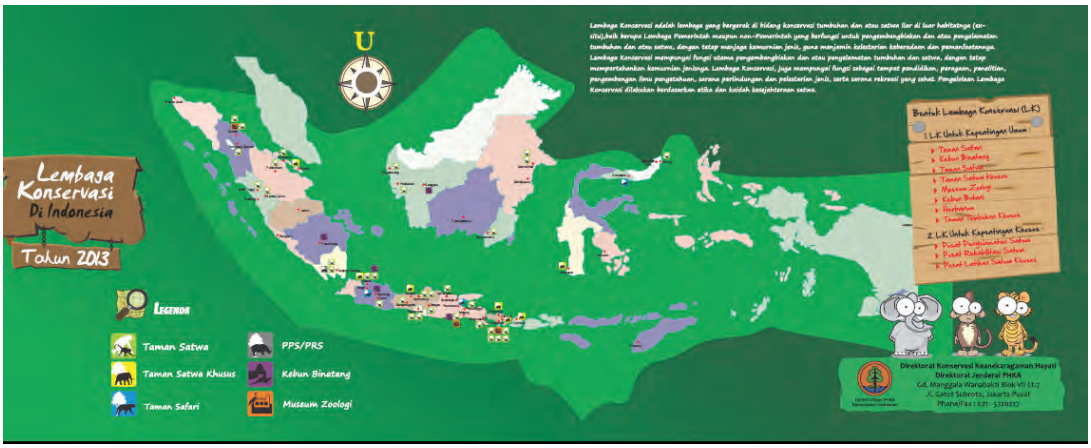
a. Lembaga Konservasi untuk kepentingan khusus
   1. Pusat Penyelamatan Satwa
   2. Pusat Rehabilitasi Satwa
   3. Pusat Latihan Satwa Khusus
b. Lembaga Konservasi untuk kepentingan umum
   1. Kebun Binatang
   2. Taman Safari
   3. Taman Satwa
   4. Taman Satwa Khusus
   5. Museum Zoologi
   6. Kebun Botani
   7. Taman Tumbuhan Khusus
   8. Herbarium

Untuk kepentingan umum LK diberikan izin jangka waktu 30 tahun dan di*monitoring*-evaluasi oleh Kementerian Kehutanan.

1.939 koleksi. Koleksi mikrob yang dapat diakses untuk kalangan akademisi, peneliti, dan industri terbagi dalam koleksi kapang bakteri (901 isolat), actinomycetes (136 isolat), kapang (529 isolat), khamir (348 isolat), dan mikroalga (25 isolat) (Gambar 81). Kultur koleksi InaCC diawali dari koleksi oleh peneliti LIPI pada tahun 1970-an yang menyimpan beberapa isolat terutama kapang tempe dan *Rhizobium*. Koleksi InaCC terutama berasal dari berbagai daerah di Indonesia, antara lain Jawa, Sulawesi, Sumatra, Papua, Kalimantan, dan Nusa Tenggara. InaCC juga menyimpan koleksi mikrob yang berasal dari luar negeri misalnya dari Jerman, Cina, dan Taiwan. Peningkatan jumlah koleksi kultur mikrob dilakukan secara berkala oleh peneliti Indonesia selain melalui kerja sama riset dengan luar negeri, seperti Jepang dan Amerika Serikat yang dalam waktu dekat akan didaftarkan sebagai koleksi InaCC. Pembenahan manajemen koleksi mikrob berstandar internasional dengan ISO 9001 sedang dilakukan di Pusat Penelitian Biologi-LIPI melengkapi koleksi flora dan fauna sebagai organisme rujukan.

4.5 Referensi Fauna Hidup

Referensi fauna hidup tersebar di beberapa institusi pemerintah dan swasta yang umumnya berada di bawah pengelolaan lembaga konservasi (LK), termasuk kebun binatang, taman safari, taman satwa, dan taman satwa khusus. Pengelolaan tersebut telah diatur dalam Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.53/Menhut-II/2006 tentang Lembaga Konservasi. Saat ini ada sekitar 55 lembaga konservasi yang telah diberi izin



Sumber: KKH, Kemenhut 2012

Gambar 82. Lembaga Konservasi di Indonesia sebagai referensi koleksi hidup fauna satwa dan tumbuhan

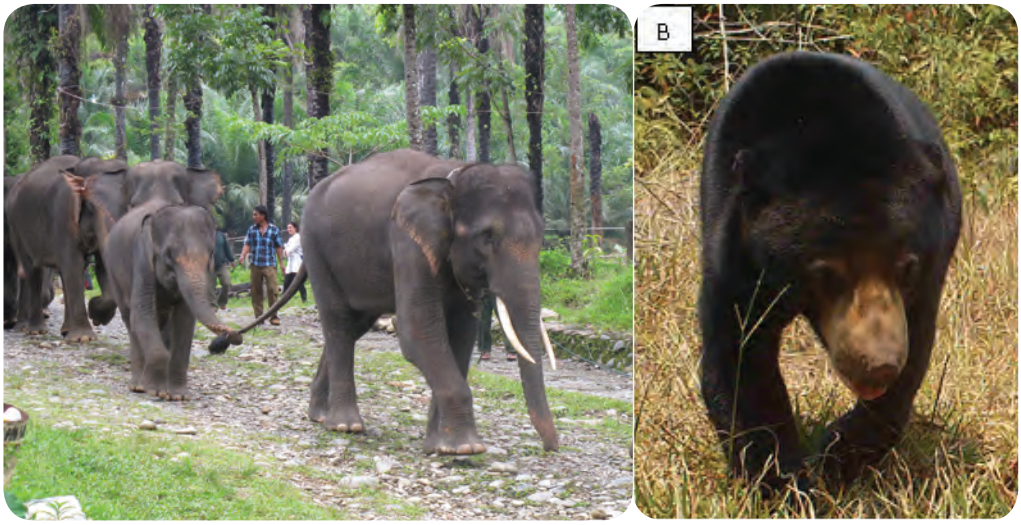


Foto: Susanti 2014 Foto: ZSL-PHKA 2011

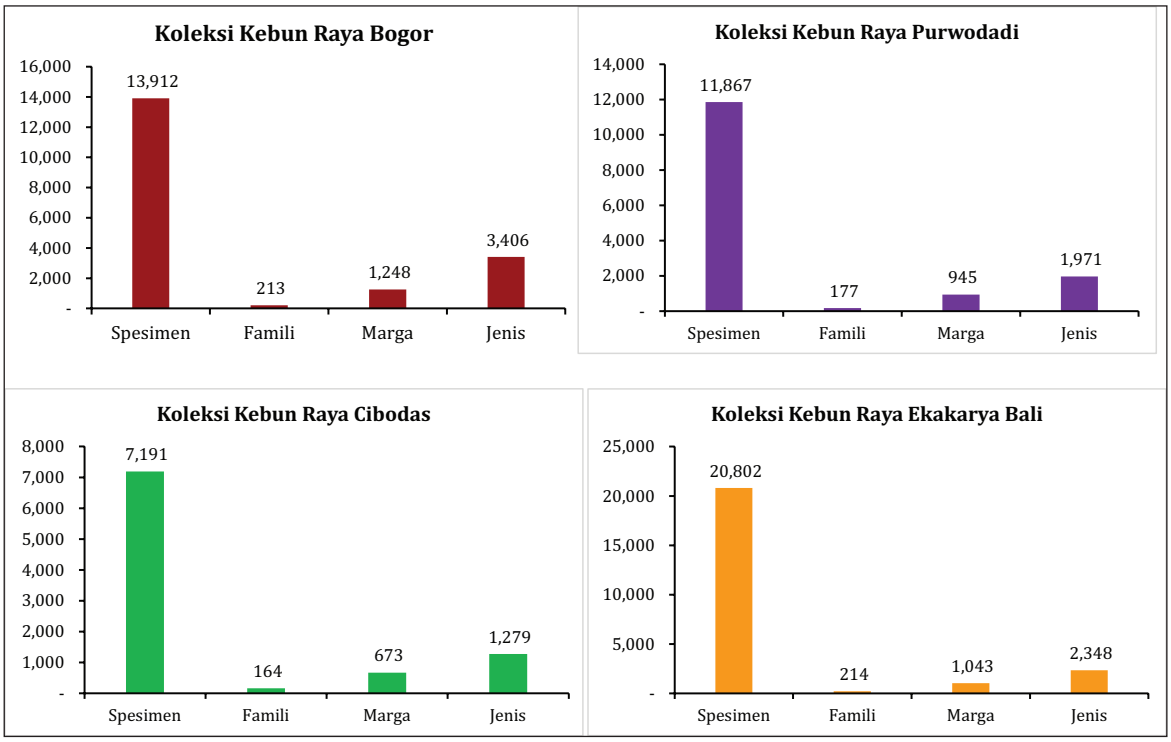
Gambar 83. Beberapa koleksi fauna hidup di lembaga konservasi. (A) Gajah sumatra leuseur (*Elephans maximus sumateranus*), (B) Beruang madu (*Helarctos malayanus*)

oleh pemerintah untuk mengelola satwa dan tumbuhan (Gambar 82). Pada prinsipnya LK mengemban amanah untuk melakukan konservasi tumbuhan dan atau satwa liar di luar habitatnya (*ex situ*) yang berfungsi untuk pengembangbiakan dan atau penyelamatan tumbuhan dan atau satwa dengan tetap menjaga kemurnian jenis guna menjamin kelestarian keberadaan dan pemanfaatannya. Dengan tanggung jawab tersebut, LK tidak hanya sebagai tempat konservasi, tetapi juga telah menyimpan referensi fauna.

Salah satu kewajiban LK adalah melakukan penandaan atau sertifikasi terhadap spesimen koleksi tumbuhan dan satwa yang dipelihara dan membuat buku daftar silsilah (*studbook*) masing-masing jenis satwa yang hidup dan dikelola. Jenis satwa yang dikelola sebagian besar adalah satwa yang menarik, misalnya harimau sumatra, gajah sumatra (Gambar 83), orang-utan, beruang madu (Gambar 83), anoa, tapir, komodo, burung cendrawasih, burung kasuari, burung merak, burung elang, dan satwa luar negeri, seperti jerapah, kuda nil, zebra, unta dan lain sebagainya.

Berdasarkan Permenhut 53 Tahun 2006 yang diperbaharui dengan Permenhut No. 31/Menhut-II/2012 lembaga konservasi (LK) memiliki fungsi utama untuk pengembangbiakan dan atau penyelamatan tumbuhan dan satwa dengan tetap mempertahankan kemurnian jenisnya. Ada 11 bentuk LK yang mendapatkan izin di Indonesia dan dibagi menjadi 2 kelompok LK dengan kepentingan umum dan kepentingan khusus. Namun, LK untuk kepentingan khusus terbagi meliputi 3, yaitu Pusat penyelamatan Satwa (PPS), Pusat Rehabilitasi Satwa (PRS), dan Pusat latihan Satwa Khusus (PL). Dua bentuk LK untuk kepentingan khusus berfungsi menampung satwa untuk sementara kemudian bisa dilepasliarkan. Seperti untuk satwa orang-utan sedikitnya ada 3 Pusat Rehabilitasi di Indonesia, yaitu Pusat Rehabilitasi Orang-utan di Taman Nasional Bukit Tigapuluh (Jambi), Wanariset Semboja (Kalimantan Timur), dan Nyaru Menteng (Kalimantan Tengah). Sementara itu, ada beberapa PPS di Jawa, misalnya PPS Cikananga, PPS Gadog, dan Pusat Rehabilitasi Satwa Primata Jawa (PRSPJ), sedangkan pusat latihan satwa khusus seperti gajah berada di Lampung, yaitu Pusat Pelatihan Gajah (PLG) dan Pusat Konservasi Gajah (PLG).

Secara struktural LK ini juga bekerja sama secara langsung dengan Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam (PHKA) dan secara teknis dengan Unit Pelaksana Teknis (UPT) dengan Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) setempat. Begitu pula secara organisasi sebagian LK masuk menjadi anggota Perhimpunan Kebun Binatang Seluruh Indonesia (PKBSI). Namun, secara wewenang pengelolaan berkelanjutan perlu dipertimbangkan kembali mengenai batasan dari LK kepentingan umum dan LK untuk kepentingan khusus. Bahasan mengenai peran dan fungsi akan dibahas pada Bab 10



Gambar 84. Jumlah koleksi Kebun Raya Indonesia per Desember 2013

khususnya untuk mendukung perlindungan dan penyelamatan kehati.

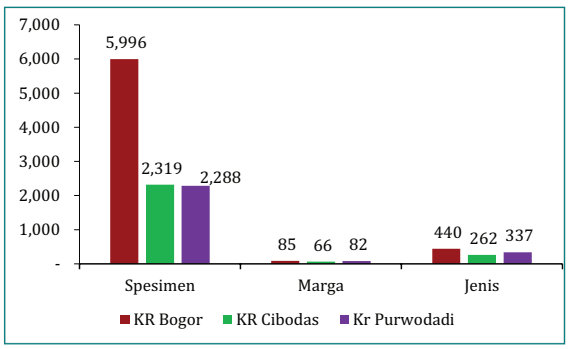
Jumlah referensi koleksi fauna hidup tercatat 1.007 jenis, yang diwakili oleh 208 mamalia, 460 burung, 109 herpetofauna, dan 130 ikan. Sejumlah referensi tersebut dikelola oleh LK di seluruh Indonesia. Beberapa koleksi di LK, misalnya Kebun binatang Gembira Loka memiliki jumlah koleksi satwa sebanyak 1.423 individu satwa yang terdiri atas mamalia 47 jenis (294 ekor), *Aves* 37 jenis (170 ekor), reptilia 94 jenis (377 ekor), amfibi 16 jenis (120 ekor), dan ikan 26 jenis (462 ekor). Taman Burung Bali (*Bali Birds Park*) memiliki koleksi sekitar 250 jenis burung (1.500 ekor). Kebun Binatang Tamansari Bandung mempunyai koleksi satwa 220 jenis (1.800 ekor) (KKH, 2013).

4.6 Referensi Flora Hidup

Referensi flora hidup tersebar di beberapa lembaga pemerintah atau nonpemerintah. Referensi flora hidup dibagi dalam 3 kategori, yaitu koleksi di Kebun Raya Indonesia termasuk cabang-cabangnya dan usulan dari pemerintah daerah, Arboretum yang pada umumnya berada di bawah Kementerian Kehutanan (47 arboretum), dan kebun plasma nutfah yang umumnya di bawah Kementerian Pertanian, LIPI, dan juga Kementerian Kehutanan (78 kebun koleksi).

4.6.1 Koleksi Flora di Kebun Raya Indonesia

Kebun Raya Bogor diresmikan dengan nama s'Lands Plantentuin te Buitenzorg pada tahun 1817, telah menjadi referensi flora hidup terutama bidang pertanian dan hortikultura. Diawali dengan pengumpulan jenis-jenis tanaman bernilai ekonomi dan potensial untuk pertanian dari seluruh Nusantara dan beberapa jenis introduksi, Kebun Botani yang awalnya seluas 47 ha dengan segera menjadi pusat pengembangan pertanian dan hortikultura. Berdasarkan katalog koleksi pertama tahun 1822, tercatat sekitar 900 jenis yang penanamannya dikelompokkan menurut sukunya. Metode pengelompokan



Gambar 85. Koleksi anggrek (Orchidaceae) di KR Bogor, Cibodas, dan Purwodadi

koleksi berdasarkan suku ini sedapat mungkin tetap diikuti hingga kini, begitu pula penyusunan katalog koleksi secara periodik tetap dilakukan.

Setelah dibangunnya Kebun Raya Bogor sebagai kebun percobaan botani, tahun 1852 Pemerintah Belanda membangun kebun raya di Tjibodas, Jawa Barat, yang kini dikenal dengan Kebun Raya Cibodas. Keduanya masih di bawah pengelolaan Istana Gubernur Jenderal saat itu, hingga 1868 resmi terpisah menjadi institusi yang berdiri sendiri. Selanjutnya, pada tahun 1941 dibangun Kebun Raya Purwodadi di Jawa Timur dan Kebun Raya 'Eka Karya' di Bali oleh putra bangsa pada tahun 1959. Keempat kebun raya ini dikenal juga dengan Kebun Raya Indonesia (*Indonesian Botanic Gardens*) di bawah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Melalui program-program eksplorasi ke seluruh kawasan Indonesia dan pertukaran, baik material biji maupun tanaman dengan institusi lain di luar negeri, keanekaragaman tanaman koleksi Kebun Raya Indonesia semakin meningkat (Gambar 84), belum termasuk koleksi di Pembibitan Rumah Kaca dan Rumah Kaca Anggrek (Gambar 85).

Di antara koleksi yang ada, Kebun Raya Bogor saat ini masih memiliki koleksi tua yang ditanam lebih dari 100 tahun lalu, ada juga yang merupakan koleksi tipe, yaitu koleksi hidup (bukan spesimen herbarium) yang dipilih sebagai referensi ketika suatu jenis pertama kali dideskripsikan dan diberi nama. Koleksi tipe sangat penting bagi pakar botani dalam mendeterminasi ataupun mengoreksi nama latin yang sebelumnya telah diberikan.

Hingga kini diperkirakan Kebun Raya Bogor mengoleksi 8,5–11% kekayaan flora Indonesia. Persentase koleksi tumbuhan terancam punah dari kategori *Extinct in the Wild* (EW), *Critically Endangered* (CR), *Endangered* (EN), dan *Vulnerable* (VU) versi IUCN di

BEBERAPA KOLEKSI UNGGULAN KEBUN RAYA BOGOR

Foto: Sri Wahyuni & Irawati 2014
Amorphophallus titanum

Foto: Irawati 2012
Rafflesia patma

Foto: Irawati 2012
Inang Rafflesia

Foto: Darussalam, Kebun Raya Bogor
Pohon leci (*Litchii sinensis*)

Kebun Raya Bogor mencapai 24% dari daftar tumbuhan terancam punah global yang dirilis IUCN (Purnomo *et al.* 2013, *in prep*). Upaya untuk menambah keterwakilan koleksi keanekaragaman flora Indonesia di Kebun Raya Indonesia masih terus dilakukan melalui kegiatan eksplorasi botani. Dengan demikian, Kebun Raya dapat dikatakan bentuk nyata dari referensi hidup kehati flora Indonesia, yang juga mendukung keanekaragaman fauna dan mikrob di dalamnya.

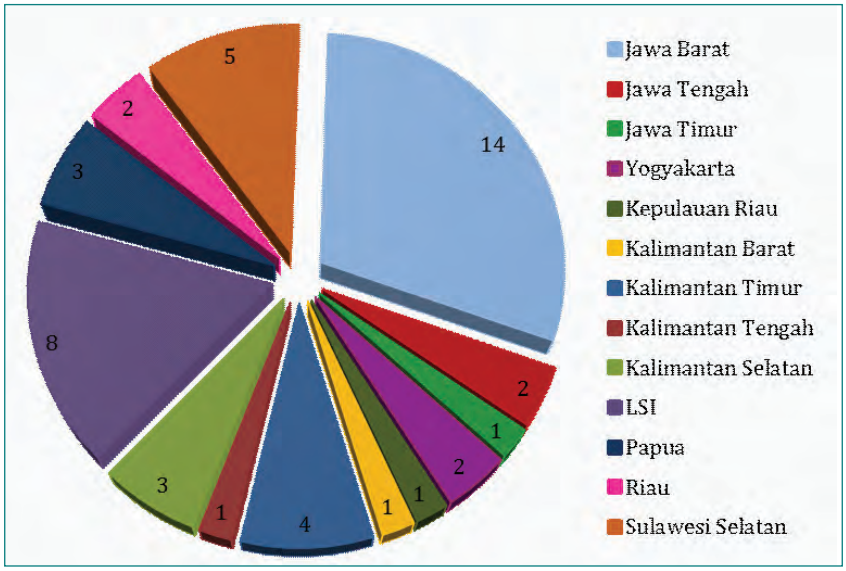
Setiap individu tanaman yang dikoleksi di Kebun Raya memiliki dokumentasi yang dapat ditelusur, memberikan informasi sejarahnya mulai tanaman itu masuk ke kebun raya, ditanam, berbunga, dan berbuah, relokasi jika dilakukan, hingga mati. Selain terdokumentasi dengan baik, koleksi tumbuhan di kebun raya ditata berdasarkan pola klasifikasi taksonomi, bioregion, tematik, atau kombinasi dari pola-pola tersebut. Data dan informasi koleksi yang lengkap dan tertelusur ini merupakan dokumentasi penting untuk kegiatan penelitian, pelestarian, pemanfaatan, dan pendidikan. Dokumentasi yang tertelusur ini tercatat dalam bentuk *manual hard print* meliputi katalog koleksi, buku kebun, buku penerimaan, kartu koleksi, kartu mati, kartu pembungaan serta peta kebun, juga dalam bentuk *computerized database* yang terintegrasi meliputi seluruh data koleksi (SIGit) serta peta digital (BGMap) berbasis *web* dan dapat diaplikasikan secara interaktif, baik dalam komputer maupun *smartphone*. Seluruh data penting ini dikelola di Subbidang Registrasi Koleksi.

Melalui kebun raya telah cukup banyak jenis ataupun kultivar yang telah dikembangkan menjadi tumbuhan bernilai ekonomi dan berpotensi sebagai sumber devisa negara. Sebagai contoh adalah kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) yang berasal dari Afrika Barat, pengembangannya diawali dari koleksi Kebun Raya Bogor. Juga ubi kayu (*Manihot esculenta*), kina (*Cinchona rubra*), kopi (*Coffea liberica* dan *C. robusta*), tembakau (*Nicotiana tabacum*), jagung (*Zea mays*), *Eucalyptus*, dan flamboyan (*Delonix regia*). Masih banyak jenis koleksi kebun raya yang belum diketahui potensinya untuk diteliti dan dikembangkan lebih lanjut manfaatnya. Selain itu, diperlukan upaya peneliti di Indonesia untuk mengungkap potensi dan prospeknya, juga mengaplikasikan temuannya yang bermanfaat bagi kesejahteraan masyarakat.

Mengacu pada keterbatasan daya dukung lahan yang dapat disediakan oleh kebun raya untuk konservasi secara *ex situ*, jenis-jenis lokal Indonesia berikut keragaman genetikanya maka kebun raya juga mengembangkan program bank biji di empat kebun raya LIPI. Koleksi yang diprioritaskan pertama adalah biji-biji tumbuhan langka, anggrek, dan yang berpotensi, baik secara ekonomi, berpotensi obat, memiliki jasa lingkungan yang penting, maupun berpotensi untuk bioenergi meskipun tidak mungkin dilakukan untuk biji-biji tertentu. Realisasi program bank biji ini juga akan mendukung pencapaian Target 8 *Global Strategy for Plant Conservation* (GSPC), yaitu menyediakan stok tumbuhan terancam kepunahan untuk program-program pemulihan atau restorasi. Peran kebun raya dalam konservasi *ex situ* dibicarakan lebih detail dalam Bab 10 (Perlindungan dan Penyelamatan Keanekaragaman Hayati).

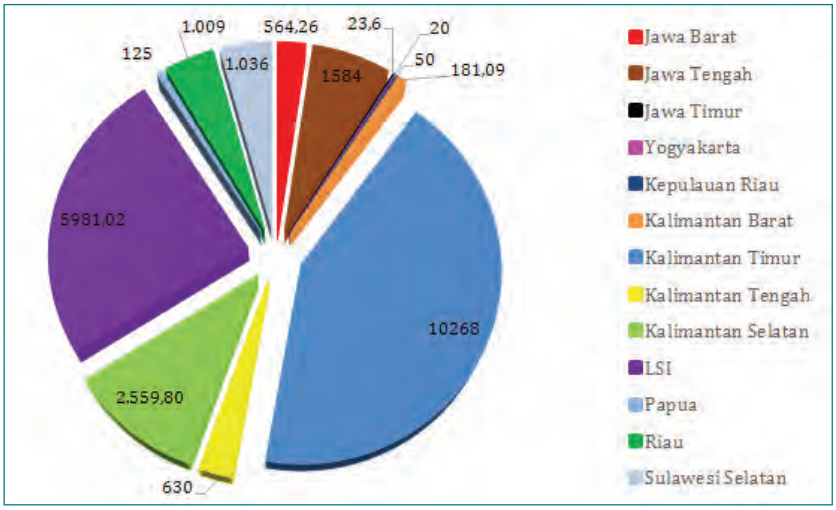
4.6.2 Koleksi Flora di Arboretum Indonesia

Arboretum adalah kebun koleksi yang juga berfungsi sebagai kebun percobaan, semula arboretum disebut stasiun penelitian yang didirikan sejak ada Keputusan Pemerintah Nomor 58 Tahun 1913 dengan nama Proefstation Voor Het Boswezen (Stasiun Penelitian untuk Kehutanan) yang bernaung di bawah Het Boswezen van Nederlandsch Oost Indie (Jawatan Kehutanan pada Pemerintahan Hindia Belanda). Stasiun Penelitian untuk Kehutanan ini kemudian berubah nama menjadi Bosbouwproefstation yang sekarang disebut sebagai Balai Penyelidikan Kehutanan. Pendirian stasiun penelitian dilakukan sejak tahun 1937 di bawah Balai Penyelidikan Hutan sebagai kebun percobaan. Kebun yang didirikan adalah Kebun Percobaan Cikampek, Purwakarta, (1937); Kebun Percobaan Pasir Awi, Bogor, (1938); Kebun Percobaan Cigerendeng, Ciamis; dan Kebun Percobaan Haurbentes, Bogor (1940). Setelah kemerdekaan kebun percobaan ditambah antara lain di Padekan Malang, Situbondo (1952), Cikole, Bandung (1954), Arcamanik, Bandung (1954), Carita, Pandeglang (1955), dan Dramaga, Bogor (1956). Dengan demikian, jumlah arboretum di Indonesia menjadi 47, namun tidak semua



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 86. Jumlah kebun arboretum per provinsi di Indonesia



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

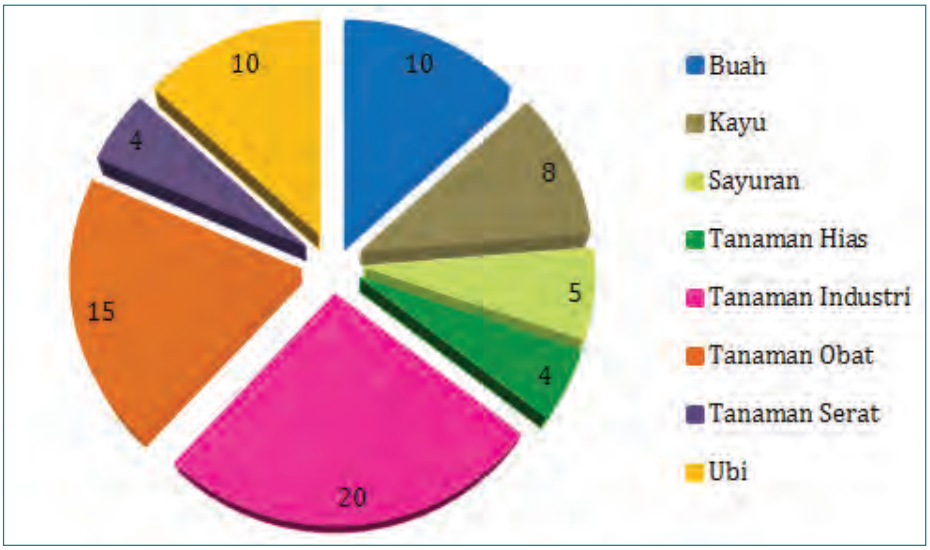
Gambar 87. Luasan arboretum per provinsi (ha).

data setiap arboretum lengkap. Pada Gambar 86 tampak bawah jumlah kebun arboretum di Jawa Barat terbanyak (14 arboretum), sedangkan di Kepulauan Sunda Kecil yang terdiri atas Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, dan Bali mempunyai arboretum 8 lokasi, dan Sulawesi Selatan 5 lokasi. Di antara arboretum yang ada tersebut, arboretum di Kalimantan Tengah mempunyai kebun terluas (Gambar 87). Ada beberapa arboretum yang memang mempunyai koleksi spesifik seperti Arboretum (hutan penelitian) Carita yang mengutamakan koleksi Dipterocarapaceae daripada jenis lain. Beberapa arboretum berfungsi sebagai acuan koleksi hidup jenis-jenis pohon hutan. Selain itu, juga dalam rangka melestarikan dan menggunakan areal tersebut untuk pendidikan dalam pengenalan pohon. Arboretum juga digunakan sebagai sumber benih dalam jumlah terbatas dan juga sebagai tempat wisata edukasi.

Akhir-akhir ini banyak juga universitas yang membuat arboretum untuk kepentingan pendidikan dan penelitian, namun belum terdata dengan baik. Arboretum yang sudah dikenal di masyarakat dan berlindung di bawah Universitas adalah Arboretum Unpad; Bandung (Bandung); Arboretum IPB (Bogor); Arboretum Nyaru Menteng, Kalimantan Tengah; Arboretum Sylva Untan Kalimantan Barat; dan Arboretum Bangko, Jambi.

4.6.3 Koleksi Plasma Nutfah

Selain arboretum yang digunakan sebagai tempat koleksi *ex situ* tumbuhan tinggi maka dikenal juga koleksi plasma nutfah tanaman pertanian. Koleksi plasma nutfah berfungsi sebagai koleksi acuan untuk pemuliaan, sumber penelitian, dan sumber pendidikan. Koleksi plasma nutfah pertanian, misalnya koleksi plasma nutfah kelapa sawit, mangga, buah-buahan tropika, tanaman obat, tanam rempah, sagu, kelapa, tanaman ubi-ubian, dan tanaman kacang-kacangan. Kebun koleksi plasma nutfah ini umumnya sudah mempunyai daftar jenis yang dikoleksi diikuti dengan penomoran aksesi dan karakterisasi sehingga dapat digunakan sebagai sumber plasma dalam pemuliaan tanaman. Pada Gambar 88 tampak bahwa kebun koleksi plasma nutfah di Indonesia paling banyak diutamakan tanaman industri, seperti kelapa, kelapa sawit, cokelat, kopi, dan teh, sedangkan jumlah kebun terbanyak setelah tanaman industri adalah kebun plasma nutfah tanaman buah dan obat. Tanaman buah yang banyak ditanam antara lain pisang, mangga, jeruk, pomelo, apel, dan manggis. Kebun plasma tanaman obat diutamakan pada jenis-jenis tumbuhan untuk obat herbal antara lain jahe-jahean dan temu-temuan. Kebun plasma nutfah ubi-ubian juga terdapat di 10 lokasi, sedangkan untuk tanaman kayu, seperti eboni, cendana, ulin, merbau, dan *Araucaria* terdapat di delapan lokasi. Kebun koleksi plasma nutfah tanaman lain terdapat di lima lokasi atau kurang.



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 88. Jumlah kebun plasma nutfah berdasarkan jenis yang ditanam

Kambing Gembrong
Puslit Bioteknologi LIPI | 2013

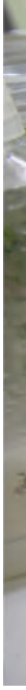
LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan
Pembangunan Nasional

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 5
KEANEKARAGAMAN GENETIKA



BAB 5 | KEANEKARAGAMAN GENETIKA

Keanekaragaman genetika adalah suatu tingkatan biodiversitas yang merujuk pada jumlah total variasi genetika dalam keseluruhan jenis organisme. Keanekaragaman genetika pada suatu jenis organisme memegang peranan penting dalam daya adaptabilitas serta keberadaan populasi dan jenis organisme tersebut untuk tetap bertahan selama evolusi berlangsung dengan perubahan lingkungan yang terjadi.

Sumber keanekaragaman genetika berasal dari setiap organisme biologi (tanaman, hewan, dan mikrob) yang mengandung unit fungsional pewarisan sifat (hereditas), yang memiliki nilai nyata maupun potensi. Sumber keanekaragaman genetika ini merupakan bahan dasar dalam pengembangan kultivar, varietas, jenis, rumpun, atau bangsa baru, baik melalui pemuliaan konvensional maupun bioteknologi. Sumber keanekaragaman genetika ini secara langsung dan tidak langsung dimanfaatkan oleh petani serta pemulia serta berfungsi sebagai simpanan (reservoir) adaptabilitas genetika yang dapat digunakan untuk menanggulangi perubahan iklim dan lingkungan. Erosi terhadap sumber keanekaragaman genetika dapat mendatangkan ancaman yang serius terhadap ketahanan pangan, pakan, papan, dan energi dalam jangka panjang. Dengan demikian, perlu dilakukan pelestarian dan pemanfaatan sumber daya genetika secara berkelanjutan sebagai perlindungan terhadap perubahan yang tidak diharapkan di masa depan.

5.1 Hewan

Hewan adalah kelompok binatang liar yang sudah didomestikasi, diternakkan atau ditangkarkan. Diversitas genetika binatang liar masih sangat tinggi untuk dapat dikembangkan dan dimanfaatkan menjadi komoditas sumber protein hewani.

5.1.1 Perikanan

Plasma nutfah perikanan tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Masing-masing daerah memiliki jenis ikan yang khas. Perikanan darat memiliki beberapa

keunggulan dan keunikan yang dapat dikembangkan demi menyejahterakan kehidupan masyarakat.

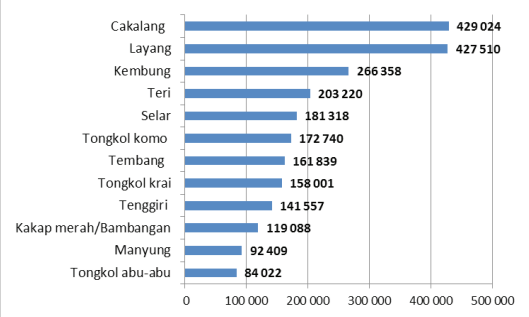
Pertama, varietas atau jenis yang bersifat endemik memiliki potensi pemanfaatan yang tinggi. Contohnya antara lain ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*), yang di dunia hanya terdapat di danau Singkarak, Sumatra Barat; ikan lawat (*Leptobarbus hoevanii*), baung (*Mystus planices*), belida (*Chitala lopis*), dan tengadak (*Barbodes schwanenfeldii*) di Danau Sentarum, Kalimantan Barat, dan sungai-sungai di pulau Sumatra; nike-nike (*Awaous melanocephalus*) di Danau Tondano, Sulawesi Utara; ikan gabus asli (*Oxyeleotris heterodon*) di Danau Sentani, Papua.

Kedua, keberadaan ikan endemik menyatu dengan perilaku dan pola hidup masyarakat lokal. Selain dianggap sebagai bagian dari kebudayaan dan dikonsumsi secara turun-temurun, ikan endemik juga dijaga kelestariannya sebagai bagian dari kearifan lokal.

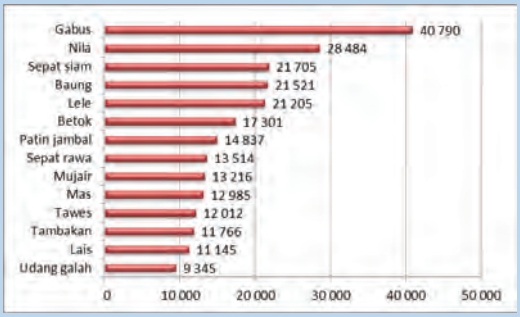
Ketiga, secara ekologi ikan endemik memiliki habitat hidup dan perkembangbiakan

STATUS SUMBER DAYA IKAN DI INDONESIA
PRODUKSI PERIKANAN TANGKAP MENURUT JENIS IKAN DOMINAN, 2012

Laut

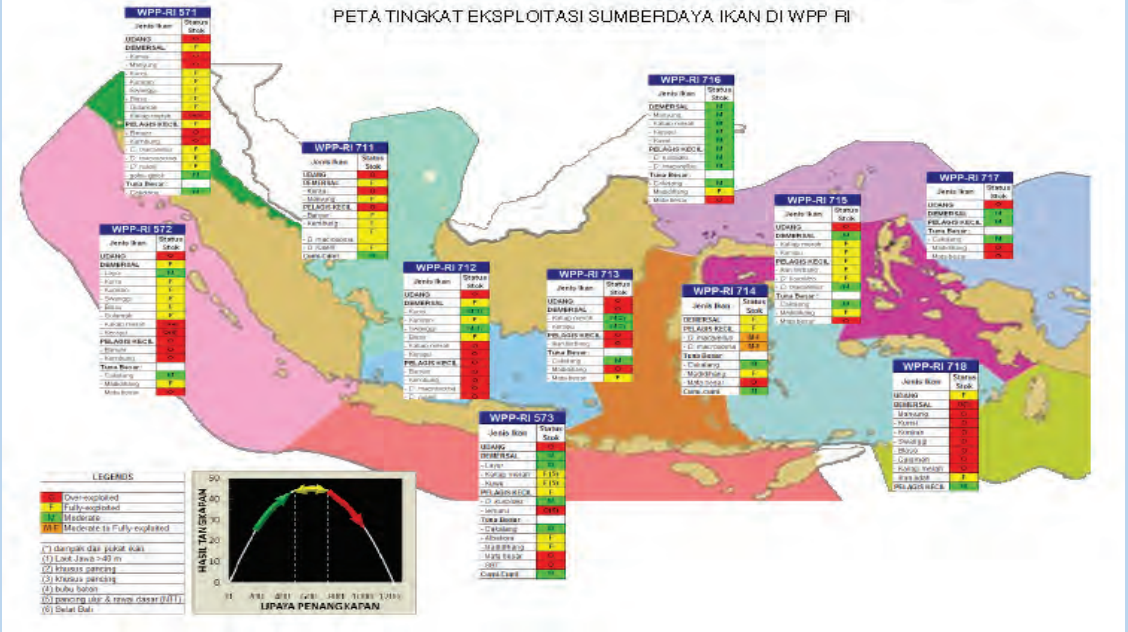


Perairan umum



Lampiran III: Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan RI. Nomor KEP.45/MEN/2011 tentang Estimasi Potensi Sumber Daya Ikan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia

PETA TINGKAT EKSPLOITASI SUMBERDAYA IKAN DI WPP RI



Lampiran II : Kepmen No. 45/2011 menunjukkan bahwa dari 127 stok ikan yang dipetakan potensinya, 35 stok ikan memiliki status tangkap moderat sehingga 74,19% atau 92 sumber daya berada pada situasi tangkap penuh atau tangkap lebih

Sumber: KKP 2014

yang khas. Sebagai contoh, ikan bilih dari Danau Singkarak belum dapat dikembangbiakkan di tempat lain.

Keempat, jenis ikan endemik memiliki nilai ekonomi tinggi sehingga menjadi ciri khas bagi daerah tersebut. Contohnya *Tor tambra*, *T. douronensis*, *T. tambroides*, *Labeobarbus douronensis* dari Sungai Kapuas. Jenis-jenis endemik tersebut memiliki keunggulan dalam daya tahan terhadap ekosistem setempat sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengembangan selanjutnya, terutama dalam pembudidayaan agar mempunyai nilai jual ekonomi yang lebih tinggi.

Namun, lahan budi daya perikanan darat yang mengandung jenis ikan endemik belum dimanfaatkan secara optimal. Baru beberapa daerah saja yang membudidayakan ikan endemik dalam kemasan pariwisata, misalnya Danau Tondano, Danau Singkarak, Danau Poso, dan Danau Sentani.

Banyak masalah mengancam keberlanjutan budi daya dan kelestarian ikan endemik, di antaranya adalah eksploitasi berlebihan, introduksi ikan lain yang bersifat predator atau kompetitor yang dapat menjadi invasif. Di samping itu, ancaman kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan pertanian dan pembabatan hutan juga menjadi problem serius untuk ikan endemik. Ancaman-ancaman lain yang perlu diperhatikan di antaranya kerusakan ekosistem akibat proses sedimentasi yang disebabkan oleh limpasan lumpur dari aktivitas pertanian di tepi danau; penggundulan hutan yang menyebabkan pendangkalan danau; penggunaan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan (bom dan racun); penggunaan ikan endemik sebagai sumber pakan ikan budi daya lain.

Penyebaran jenis ikan invasif pada perikanan darat merupakan ancaman yang perlu mendapat tindakan cepat karena dapat mengganggu sumber genetik ikan lokal. Ikan invasif telah menekan habitat sekaligus menjadi pesaing bagi ikan lokal dalam mencari pakan sehingga semakin sulit mengembangkan sektor perikanan di daerah waduk, situ atau danau. Beberapa ikan invasif yang perlu mendapat perhatian antara lain ikan patin, nila, lele, dan yang terkini adalah ikan piranha.

Perlindungan sumber genetik plasma nutfah dan pengembangan budi daya perikanan darat berbasis ikan endemik memerlukan beberapa kebijakan strategis. Kebijakan tersebut mencakup pembangunan pusat pembudidayaan ikan air tawar endemik dan penerbitan perangkat undang-undang Sumber Daya Genetik (SDG) untuk menangkal *biopiracy* terhadap sumber daya endemik Indonesia. Selain itu, kebijakan tersebut juga harus didukung dengan pelestarian pada kawasan perairan umum yang memiliki sumber daya ikan endemik dan terancam punah. Seleksi introduksi ikan-ikan nonendemik yang bersifat predator, kompetitor dan pembawa penyakit juga perlu dilakukan karena dapat mengancam kelangsungan hidup ikan endemik dan pemberdayaan kelembagaan lokal. Kearifan lokal masyarakat dalam membudidayakan ikan-ikan endemik serta riset pemuliaan genetika ikan endemik juga menjadi bagian penting dalam mendukung kebijakan SDG.

5.1.2 Peternakan

Sapi

Di Indonesia dapat dijumpai tiga sumber genetika sapi, yaitu *Bos indicus*, *Bos taurus*, dan *Bos javanicus*. *Bos indicus* berasal dari India, *Bos taurus* berasal dari negara subtropik, sedangkan *Bos javanicus* merupakan sapi asli Indonesia, yang juga dikenal sebagai sapi bali (Gambar 89). *Bos indicus* berkembang menjadi beberapa rumpun sapi, yaitu sapi madura (silangan antara banteng/sapi bali dengan sapi zebu), sapi aceh (silangan sapi bali/banteng dengan sapi zebu), sapi ongole (sapi impor dari Madras-India ke Jawa, Madura, dan Sumba), dan sapi pesisir (Muladno *et al.* 2013), sedangkan pada rumpun *Bos taurus*, yang populer adalah sapi limousin dan sapi simental.

Sapi hasil silangan terbukti memberikan peningkatan produksi ternak. Baik Pemerintah pusat maupun daerah telah menetapkan beberapa daerah menjadi sentra sumber bibit yang dilindungi perangkat hukum yang kuat. Misalnya, Pulau Bali hanya dikhususkan untuk pengembangan rumpun sapi bali dan Pulau Sapudi hanya untuk rumpun sapi madura. Namun, upaya untuk mengembangkan sumber bibit rumpun sapi lokal di daerah lain yang berpotensi masih perlu dilakukan.

PENGEMBANGAN SUMBER DAYA GENETIKA PERIKANAN

Sumber genetik lokal dari sektor perikanan banyak mengalami kendala karena tingginya pola serangan jenis invasif yang sudah menyebar di kawasan perikanan terestrial. Ikan-ikan invasif telah menekan habitat dan sekaligus menjadi daya saing dalam mencari pakan sehingga menjadi semakin sulit mengembangkan sektor perikanan di daerah waduk, situ atau danau. Beberapa ikan invasif yang sangat membahayakan di sektor perikanan, seperti ikan patin, nila, lele dan piranha.

Selain yang endemik, beberapa jenis ikan air tawar yang sudah dibudidayakan antara lain gurami, tilapia, dan patin lokal (*Pangasius jambal*). Beberapa cukup diminati, yaitu ikan marga *Tor*, seperti *Tor tambroides, T. douronensis,* dan *T. sorro.* Jenis ini terfokuskan di daerah Kerinci, Padang, dan Aceh. Ikan belida dan baung banyak dibudidayakan di Sumatra, Jawa, dan Kalimantan. Di Pulau Sumatra, pengembangan ikan baung mudah dijumpai di daerah Riau, Jambi, Palembang, dan Kalimantan Selatan.

Beberapa teknologi pembenihan sudah mulai dikenalkan pada usaha pengembangbiakan lokal, sebagai contoh adalah *T. sorro* di Pontianak (Kalimantan Barat), ikan semah (*T. douronensis*) di Lampung, dan belida yang difokuskan di Palembang (Sumatra). Pembenihan untuk beberapa jenis yang lain juga dapat dijumpai seperti ikan jelawat, nilem, gabus, dan tengadak. Beberapa komoditas unggulan ikan air payau, seperti bandeng air payau, belanak, dan ikan mikih juga sudah diupayakan pembenihannya. Salah satu contoh keberhasilan penangkaran/pengembangbiakan ialah penangkaran ikan arwana irian (*Scleropages jardinii*).

A. B.

Foto: Tjakra, Puslit Biologi-LIPI 2014

(A) Ikan Arwana Irian (*Scleropages jardinii*) dan (B) Ikan Arwana Irian hasil penangkaran di Puslit Biologi-LIPI

Sapi perah

Sapi perah yang ada di Indonesia termasuk jenis *Bos taurus* yang sudah disilangkan. Di Indonesia, tidak dikenal jenis sapi untuk produksi susu. Pada umumnya, sapi perah adalah sapi impor yang didatangkan dari Australia, Selandia Baru, Amerika, Kanada, dan Jepang (Muladno *et al.* 2013). Sentra peternakan sapi perah hanya terdapat di Pulau Jawa dan pada umumnya dikembangkan di dataran tinggi.

Foto: Wirdateti 2011

Gambar 89. Sapi bali (*Bos javanicus*) sebagai banteng yang telah didomestikasi

Kerbau

Kerbau di Indonesia terdiri atas kerbau liar dan domestik. Keduanya masih dalam satu jenis, yaitu *Bubalus bubalis*. Kerbau domestik terbagi menjadi dua, yaitu kerbau sungai (*B. bubalis bubalis*) dan kerbau rawa (*B. bubalis carabanensis*). Keduanya berbeda dalam jumlah kromosom, yakni kerbau sungai memiliki 50 kromosom sedangkan kerbau rawa memiliki 48 kromosom. Kerbau kalang di Kalimantan dan kerbau belang di Toraja masih termasuk dalam kelompok kerbau rawa, sedangkan yang termasuk dalam kerbau sungai adalah kerbau murrah di Sumatra Utara. Contoh kerbau liar adalah anoa pegunungan (*B. quarlesi*)

dan anoa dataran rendah (*B. depressicornis*), yang keduanya bersifat endemik di Sulawesi.

Di Indonesia, kerbau umumnya digunakan sebagai sumber tenaga kerja selain sebagai penghasil daging. Di sebagian daerah, kerbau digunakan sebagai aset kapital karena memiliki harga yang sangat mahal sebagai bagian dari keabsahan upacara adat seperti pada komunitas adat Toraja, Batak, dan Sumbawa. Sebanyak 95% kerbau di Indonesia adalah kerbau rawa dengan berbagai keanekaragaman warna, ukuran, dan bentuk tubuh. Sebagai contoh, kerbau sumba memiliki tanduk yang dapat mencapai dua meter. Sementara itu, 5% sisanya adalah kerbau sungai yang banyak dijumpai di Sumatra Utara (kerbau murrah).

Kuda

Kuda belum banyak dikenal sebagai hewan ternak seperti pada ternak umumnya, tetapi beberapa tahun terakhir sudah banyak dijual susu kuda di pasaran. Walaupun disebut sebagai susu kuda liar, tetapi sebetulnya susu tersebut berasal dari kuda yang dipelihara di dalam kandang atau lahan terbuka. Oleh karena itu, agar manfaatnya dapat ditingkatkan, upaya pelestarian dan pengembangannya perlu segera dilakukan.

Di Indonesia, saat ini dapat dijumpai 13 rumpun dan 4 subrumpun kuda, yaitu kuda makassar; kuda gorontalo, dan minahasa; kuda sumba (sandel); kuda sumbawa; kuda bima; kuda flores; kuda savoe; kuda roti (kori); kuda timor; kuda sumatra; kuda jawa; kuda bali, dan lombok; kuda kuningan (seremeng). Kuda sumatra mempunyai 5 subrumpun, yaitu padang, mengatas, batak, agam, dan gayo, sedangkan kuda jawa memiliki 2 subrumpun, yaitu priangan dan gunung dengan populasi dan sebaran yang terbatas (Muladno *et al.* 2013). Populasi beberapa rumpun kuda tersebut telah berkurang, bahkan ada yang sudah punah. Karakteristik genetika rumpun kuda ini belum tuntas dipelajari. Agar SDG kuda tidak punah, penyelamatan kelestarian rumpun-rumpun kuda perlu segera dilakukan.

Domba

Di Indonesia dikenal dua kelompok domba, yaitu domba ekor tipis (DET), yang dikenal sebagai domba gembel dan domba ekor gemuk (DEG), atau disebut domba kibas. Domba gembel dipercaya sebagai domba asli Indonesia, sedangkan domba kibas berasal dari Asia Barat Daya. Dari kedua domba tersebut, terbentuk beberapa rumpun domba, antara lain domba garut (silangan domba kaapstad, merina, dan DET) dan domba batur (diduga silangan DET, domba sufflok, dan domba texel).

Domba garut jantan sangat terkenal sebagai hewan aduan dalam seni ketangkasan

KERAGAMAN GENETIKA KERBAU LOKAL DI INDONESIA

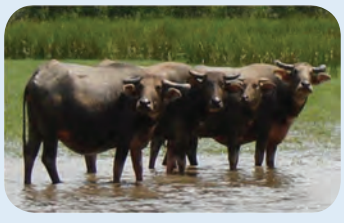
kerbau sumbawa

kerbau moa

kerbau pampangan

kerbau kalang kaltim

kerbau troya



kerbau kalang kalsel

Foto: Puslit Bioteknologi-LIPI

Foto: Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI

Gambar 90. Domba garut hasil persilangan segitiga antara domba lokal (asli Indonesia), domba cape/*capstaad* (domba ekor gemuk atau kibas) dari Afrika Selatan dan domba merino dari Asia Kecil

budaya masyarakat Jawa Barat (Gambar 90) sehingga ternak domba garut diutamakan untuk menghasilkan domba jantan. Akibatnya, program untuk seleksi ternak domba betina menjadi terabaikan. Padahal, untuk menghasilkan domba jantan aduan, faktor induk betina juga harus diperhatikan. Dalam rangka mempertahankan gen yang penting untuk produktivitas domba, perlu dilakukan koleksi terpusat sperma beberapa ternak domba garut jantan terpilih.

Kambing

Ada 8 rumpun kambing yang dikenal di Indonesia, yaitu kambing kacang yang merupakan asli Indonesia, kambing peranakan ettawa (hasil silang ettawa dan kacang), kambing jawa randu/bligon/gumbolo/koplo/kacukan, kambing gembrong (plasma nutfah endemik bali), kambing kosta (slang kacang dan khasmir impor), kambing merica (memiliki status langka hanya di Sulawesi Selatan), kambing muara (Tapanuli Utara, Sumatra) dan kambing samosir (Gambar 91) (Muladno *et al.* 2013). Dari hasil penelitian, diketahui bahwa secara genetika rumpun kambing lokal Indonesia berasal dari garis keturunan yang berbeda. Oleh karena itu, penyelamatan SDG kambing lokal harus segera dilakukan.

Babi

Asal usul babi domestik di Indonesia belum begitu jelas, namun penelitian terakhir menunjukkan adanya unsur darah babi liar *Sus scrofa*. Oleh sebab itu, di Indonesia untuk kelompok babi domestikasi lebih dikenal dengan sebutan babi lokal, seperti babi jawa, babi sumatra/batak, babi bali, babi nias, dan babi toraja. Seperti ternak lokal lainnya, untuk meningkatkan kualitas produksi maka harus diperhatikan sumber genetika babi. Selama ini belum ada perhatian serius untuk menangani SDG babi lokal sebelum tererosi.

Kelinci

Kelinci yang diternakkan umumnya bukan kelinci asli Indonesia dan belum membentuk galur rumpun kelinci. Kelinci asli Indonesia, *Nesolagus netscheri* yang berasal dari Sumatra hingga saat ini belum ditangkarkan, apalagi

Kambing kacang

Kambing ettawa

Kambing jawarandu

Kambing gembrong

Foto: Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI

Gambar 91. Beberapa contoh rumpun kambing lokal Indonesia

didomestikasi. Oleh karena itu, kegiatan untuk pengembangan lebih lanjut sangat diperlukan. Dalam upaya mendukung dan mendorong perkembangan ternak kelinci di lapangan, telah dikembangkan dan diseleksi kelinci rex, satin, reza, dan persilangannya.

Unggas

Ayam lokal

Ayam lokal merupakan hasil domestikasi ayam asli Indonesia dan memiliki banyak keragaman genetika. Karakterisasi ayam lokal sudah dilakukan secara *in situ* maupun *ex situ*, disajikan pada Tabel 21.

Materi SDG ayam lokal yang telah dipreservasi dalam bentuk *primordial germ cell* (PGC) beku adalah ayam gaok madura, sentul, kedu, kokok, balenggek, kub, dan murung panggang.

Pengembangan Seleksi Ayam Kampung Tipe Pedaging dan Petelur Unggul Indonesia

Ayam kampung Indonesia memiliki ketahanan terhadap penyakit tropik, termasuk penyakit virus avian flu, yang jauh lebih tinggi dibandingkan ayam ras. Pengembangan dan seleksi ayam kampung tipe petelur dan pedaging unggul sekaligus tahan terhadap serangan avian flu sangat diperlukan. Balai Pembibitan Ternak Unggul Sapi dan Ayam Sembawa, Palembang, Sumatra Selatan telah melakukan upaya seleksi untuk mendapatkan galur unggul petelur dan pedaging.

Tabel 21. Keragaman Genetika Ayam Lokal Indonesia Tingkat *in situ* dan *eks situ*

Ayam hasil karakterisasi *in situ*	Ayam hasil karakterisasi *ex situ*
ayam pelung	ayam pelung
ayam sentul	ayam sentul
ayam wareng tangerang	ayam gaok
ayam wareng indramayu	ayam leher gundul
ayam merawang	ayam kapas
ayam gaok	ayam wareng
ayam kokok balenggek	ayam kub
ayam cemani	ayam kedu
ayam cemara	ayam kate

TIPE UNGGUL AYAM KAMPUNG MERAWANG

Ayam merawang merupakan ayam tipe pedaging yang berhasil dikembangkan oleh Balai Pembibitan Ternak Unggul Sapi dan Ayam Sembawa, Palembang. Ayam ini pada awalnya banyak ditemukan di Kecamatan Merawang, P. Bangka. Ayam ini dikembangkan lebih lanjut karena mampu menghasilkan telur 125–130 butir/tahun. Efisiensi produksi ayam merawang dapat dilihat pada tabel berikut.

Umur	Konsumsi Pakan (gr/ekor)	Bobot badan	PBB (gr/ekor)	Konsumsi Pakan
1	33,39	38,37	10,8	3,09
2	100,61	77,06	49,49	2,03
3	203,24	85,62	58,05	3,5
4	343,24	92,2	64,63	5,31
5	517,76	173,56	145,99	3,55
6	727,76	263,5	235,93	3,08
8	1254,99	341	313,43	4
12	2724,99	597,66	570,09	4,78
16	4789,99	1250	1222,43	3,92

Sumber: Balai Pembibitan Ternak Unggul Sapi dan Ayam Sembawa, Palembang

Ayam kampung merawang tipe pedaging diperoleh dari Pulau Bangka. Ayam ini memiliki warna seragam, produksi telur lebih tinggi dari ayam kampung lain, dan banyak ditemukan di Kecamatan Merawang. Bobot badan ayam berumur 16 minggu mampu mencapai 1,250 gram dengan nilai *food consumption* (FC) 3,92. Konsumsi pakan periode layar 90 gr/hari/ekor dengan konversi pakan periode layer selama setahun produksi 4,11.

Ayam kampung sembawa merupakan ayam kampung tipe petelur dan oleh BPTU Sembawa Palembang sudah dikembangkan dan diseleksi melewati generasi ke-5 dalam perkembangbiakannya. Ayam kampung sembawa oleh sebagian masyarakat dikenal dengan ayam arab karena warna putih yang mengerudung di bagian kepalanya. Hingga saat ini, ayam tipe petelur yang telah dikembangkan mampu menghasilkan telur lebih dari 250, bahkan banyak di antaranya yang mampu mencapai 270 butir telur/tahun/ekor dengan berat telur 40–45 gram.

Dari hasil kajian tentang ayam kampung, telah diindikasikan adanya kepemilikan gen MX yang memiliki ketahanan virus avian flu H5N1 (Sartika *et al.* 2011). Melalui kajian lebih mendalam diharapkan akan dihasilkan galur baru ayam kampung unggul Indonesia yang tahan penyakit dan berproduksi tinggi.

Itik

Itik yang sudah dikarakterisasi secara *in situ* dan *ex situ* tersaji pada Tabel 22.

5.2 Tanaman

Sumber keanekaragaman genetika tanaman berasal dari materi genetika tanaman yang mempunyai nilai nyata untuk digunakan sebagai pangan, pakan, serat, pakaian, bangunan, energi, dan pertanian. Sumber daya genetika ini juga mencakup materi propagasi reproduktif dan vegetatif dari kultivar (*cultivated varieties*) yang ada saat ini, varietas baru yang dikembangkan, *obsolete varieties* (varietas yang dianggap tidak bernilai penting dan tidak populer saat ini dan tidak digunakan lagi oleh masyarakat), kultivar primitif/lokal (*landraces*), jenis liar dan jenis gulma, kerabat liar dari kultivar, dan *special genetic stocks* (termasuk galur elite, galur *breeding*, dan galur mutan) (FAO 1997).

Indo Malayan Center/Tropical Asian Center (termasuk Indonesia) merupakan salah satu pusat asal usul (*center of origin*) tanaman padi, jali, kecipir, umbi-umbian, talas, *Tacca*, pamelo, pisang, sukun, manggis, belimbing, durian, rambutan, salak, langsat, mangga, kemiri, kelapa, tebu, cengkeh, pala, lada, abaka, sagu, cendana, dan bambu (Vavilov 1926). Pusat asal ini disebut juga sebagai Indochinese-Indonesian Centre, yang merupakan pusat keragaman sekunder tanaman, seperti ubi kayu, jagung, ubi jalar, kopi, dan teh (*Camellia* spp.) (Zeven & Zhukovsky 1975). Tingginya tingkat keanekaragaman SDG tersebut memberikan peluang bagi Indonesia untuk mendapatkan manfaat yang tinggi pula serta terbuka peluang yang besar bagi upaya pencarian dan pemanfaatan sumber-sumber gen penting yang ada untuk program pemuliaan. Oleh karena itu, tingginya keanekaragaman SDG sangat penting untuk dipertahankan.

Tabel 22. Keragaman Genetika Itik Lokal Indonesia

Itik hasil karakterisasi *in situ*	Itik hasil karakterisasi *ex situ*
itik cirebon	itik mojosari
itik tegal	itik mojosari putih
itik turi	itik alabio
itik damiaking	itik peking
itik brebes atau branjangan	entog
itik cihateup	
itik rawa pening ambarawa	
itik boyolali	
itik mojosari	
itik tarakan	
itik alabio kalimantan selatan	
itik bali	

Berbagai kegiatan yang terus meningkat di berbagai sektor kehidupan telah menimbulkan dampak negatif terhadap kelestarian sumber keanekaragaman genetika. Dampak negatif dapat disebabkan oleh hilangnya habitat dan jenis organisme, eksploitasi ekosistem secara berlebihan tanpa diikuti dengan upaya reklamasi, pengaruh polusi, kebakaran, dan bencana alam. Semakin intensifnya penggunaan varietas unggul baru tanaman pertanian tanpa diimbangi dengan upaya mempertahankan penggunaan varietas-varietas lokal (*landraces*) juga telah menambah percepatan terjadinya erosi genetika tanaman. Keadaan tersebut bertambah parah dengan kegiatan pengambilan serta pertukaran materi sumber keanekaragaman genetika secara ilegal (*biopiracy*).

Untuk mengurangi atau bahkan mencegah terjadinya erosi genetika yang semakin meningkat, perlu diberikan perhatian yang lebih besar terhadap SDG yang ada. Perhatian tersebut diberikan melalui upaya pengelolaan SDG secara optimal dalam bentuk kegiatan eksplorasi dan inventarisasi, introduksi, pendataan (dokumentasi), dan pelestarian. Selanjutnya, peningkatan nilai guna materi SDG perlu diikuti dengan upaya identifikasi karakter-karakter penting melalui kegiatan karakterisasi dan evaluasi secara sistematis dan berkelanjutan sehingga akan memudahkan upaya pemanfaatannya.

Berbagai instansi, baik pemerintah maupun swasta mengelola SDG untuk pangan dan pertanian. Setidaknya, ada 18 instansi di lingkungan Kementerian Pertanian yang mengelola SDG tanaman pangan dan pertanian selain LIPI, Kementerian Kehutanan, Kementerian Riset dan Teknologi, Kementerian Kesehatan, universitas, dan lembaga swasta, seperti Taman Buah Mekarsari, Kampung Obat Martha Tilaar, dan Taman Bunga Nusantara.

5.2.1 Pemanfaatan Sumber Daya Genetika Tanaman

Pemanfaatan sumber daya genetika tanaman dapat dilakukan dengan karakterisasi, evaluasi keragaman genetika, perbaikan genetika/pemuliaan, dan perluasan dasar genetika serta pemanfaatan kerabat liarnya. Pemanfaatan SDG dalam program pemuliaan yang sangat intensif telah dilakukan pada tanaman pangan dan hortikultura, seperti terlihat dari jumlah varietas unggul yang telah dihasilkan. Sementara itu, pemanfaatan SDG pada tanaman perkebunan masih terbatas pada tanaman tertentu.

Walaupun beberapa varietas sudah dimanfaatkan dalam program pemuliaan, sebagian besar varietas lain masih belum dimanfaatkan. Pengayaan keragaman genetika juga perlu dilakukan melalui pembentukan populasi interspesifik, sedangkan introgresi gen tumbuhan liar ke dalam tanaman budi daya perlu dilakukan untuk memperluas lungkang gen tanaman yang keragaman genetikanya terbatas sehingga mempermudah perolehan sumber gen yang siap pakai dalam program perbaikan varietas tanaman. Berbagai sumber daya genetika tanaman telah lama digunakan dalam perakitan varietas unggul.

Pemerintah Indonesia telah menetapkan 32 komoditas prioritas tanaman pangan dan pertanian, yaitu 7 tanaman pangan, 10 tanaman hortikultura, dan 15 tanaman perkebunan (Kementerian Pertanian 2012), seperti tertera pada Tabel 23.

5.2.2 Tanaman Pangan

1. Padi (*Oryza sativa* L.)

Padi merupakan makanan pokok bagi 3 miliar penduduk dunia, terutama di Asia. Indonesia merupakan negara produsen padi ketiga

Tabel 23. Komoditas Unggulan Tanaman Pangan dan Pertanian

No	Komoditas	Pangan	Non-pangan
1	Tanaman Pangan (7)	Padi, jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, ubi kayu, ubi jalar	
2	Hortikultura (10)	Cabai, bawang merah, kentang, mangga, pisang, jeruk, durian, manggis	Biofarmaka, tanaman hias
3	Perkebunan (15)	Kelapa sawit, kelapa, kakao, kopi, lada, jambu mete, teh, tebu	Karet, kapas,tembakau, cengkeh, jarak pagar, nilam, kemiri sunan

Sumber: Kementerian Pertanian 2012

(9,59%) dengan total produksi 69.045.141 ton pada tahun 2012 (produksi dunia 719.738.273 ton), dan ditanam pada areal seluas 13.443.443 hektare (FAOstat 2014).

Pusat asal usul (*center of origin)* tanaman padi ada dua, yaitu padi asia (*Oryza sativa*) berasal dari Asia tropik dan subtropik serta padi afrika (*O. glaberrima*) berasal dari Afrika Barat. Bukti-bukti molekuler menunjukkan bahwa padi asia berasal dari China (Molina *et al*. 2011). Lungkang gen *O. sativa* terdiri atas lungkang gen primer (genom AA, termasuk *O. sativa, O. rufipogon, O. nivara,* yang tersebar di Asia dan jenis lain dengan genom AA, yakni *O. longistaminata, O. meridionalis, O. glumaepatula,* dan 22 jenis liar dalam marga *Oryza*), lungkang gen sekunder (*Oryza* spp. dengan genom BB, CC, BBCC, CCDD, EE, FF, GG JJHH, JJKK), dan lungkang gen tersier (50 jenis liar dalam suku Oryzeae, suku Poaceae). Semula, jenis *O. sativa* dikenal dengan 2 subpopulasi, yaitu *O. sativa* subsp. *japonica* dan *O. sativa* subsp. *indica.* Kultivar-kultivar dari *indica* ditanam di China bagian Selatan, Asia Tenggara, dan Asia Selatan, yang menghasilkan 70% padi dari seluruh dunia, sedangkan kultivar-kultivar *japonica* ditanam terutama di Asia Timur (Zhao *et al.* 2011; Huang *et al.* 2012). Berdasarkan karakterisasi morfologi dan molekuler, saat ini *O. sativa* terbagi kedalam 5 subpopulasi, yaitu *indica, aus, tropical japonica, temperate japonica,* dan *aromatic/basmati* (Garris *et al.* 2005). Di Indonesia diperkirakan terdapat 9 jenis liar dari marga *Oryza* (Macnally, *http://ec.europa.eu/ agriculture/analysis/external/basmati/rice_genet_divers_mcnally_en.pdf).*

Koleksi SDG padi di dunia mencapai 420.000 aksesi, 19% di antaranya disimpan di IRRI, 11.520 varietas padi lokal belum dikarakterisasi dan dievaluasi, dan masih sekitar 11.575 varietas belum termanfaatkan dengan optimal dalam kegiatan pemuliaan tanaman (FAO 1997). Di Indonesia, koleksi SDG padi diperkirakan berjumlah 6.179 aksesi; 2.068 aksesi disimpan di Balitpa, (*http://www.indoplasma.or.id*); 4.111 aksesi disimpan di BB-Biogen (yang terdiri atas 246 *landraces* dan 63 kultivar) (BB-Biogen 2010, Thomson *et al.* 2007); 94 aksesi padi liar di BB-Biogen (BB-Biogen 2010). *Landraces* yang ada di Indonesia terdiri atas 68% *indica* dan 32% tropikal *japonica* (Thomson *et al.* 2007).

Hingga saat ini, 183 varietas padi unggul sudah dilepas (*http://ppvt.setjen.deptan.go.id*), 120 di antaranya dilepas oleh BB-Biogen (2010) dan 54 varietas lokal sudah didaftar sejak tahun 2005–2013 (*http://ppvt.setjen.deptan.go.id*). Beberapa varietas padi Indonesia telah dimanfaatkan dalam program pemuliaan padi Internasional, di antaranya varietas Peta yang digunakan dalam pengembangan varietas padi IR8. Beberapa *landraces japonica* dari Indonesia, yang memiliki karakter malai besar, daun besar, sistem perakaran kuat, batang tebal, dan sedikit *unproductive tillers* telah digunakan dalam program pemuliaan internasional. Kultivar-kultivar *indica* populer di antaranya Swarna, BR11, PSBRc18, dan Ciherang (Fujita *et al.* 2013).

Pelestarian keanekaragaman hayati pada tingkat genetika telah lama dilakukan oleh masyarakat tradisional Indonesia, terutama tumbuhan pangan pokok, seperti padi, ubi jalar, dan talas/keladi. Dengan ladang daur ulangnya, masyarakat Dayak sebenarnya adalah pelestari SDG padi. Masyarakat Dayak Kenyah Umak Tukung di Long Sungai Barang, Apo Kayan paling tidak memelihara 25 macam varietas padi ladang lokal (Widjaja & Jessup 1986). Damus (1992, 1993) bahkan menemukan sebanyak 58 varietas padi yang hanya terdapat di dua desa di kecamatan Pujungan dan sebanyak 37 varietas padi di Kecamatan Krayan, Kalimantan Timur. Puluhan varietas padi ini mereka "rumat" dan "leluri". Sebagai contoh, seorang nenek di desa Apo Ping mengenal 35 varietas padi (Setyawati 2003). Ia menanam satu varietas padi hanya untuk memperbarui bibitnya (Soedjito 1996). Varietas padi tersebut ditanam tidak untuk dimakan.

Keanekaragaman genetika padi harus diselamatkan, salah satunya melalui metode dari masyarakat Dayak beserta pengetahuan tradisional ladang daur ulang. Metode ini harus diberdayakan agar varietas padi lokal dapat diletarikan. Hal penting yang perlu diperhatikan adalah upaya pemberian insentif atas peran mereka dalam pelestarian SDG padi dan jenis pangan lokal.

Pengetahuan tradisional varietas padi lokal ini juga meliputi pemahaman mengenai kesesuaian padi lokal dengan berbagai kondisi tanah, seperti tanah basah, tanah datar, tanah kering di lereng, dan tanah

hitam. Soedjito (1996) melaporkan bahwa masyarakat Dayak Lepo' Ke di Desa Apau Ping, Kabupaten Malinau mengenal penggolongan tanah sampai 16 macam, padahal pengetahuan umum hanya mengenal satu macam tanah di Kalimantan, yaitu Podsolik Merah Kuning.

Banyak pemulia tanaman menekankan pentingnya ketersediaan SDG. Alasan mereka ialah padi unggul yang banyak ditanam sekarang cenderung semakin seragam dan ditanam monokultur. Hal ini akan mengundang masalah yang serius, seperti serangan hama yang tidak terkendali. Masalah tentang pangan juga akan segera datang karena Hargrove *et al.* (1988) menemukan sejumlah besar varietas padi unggul yang membawa gen sitoplasma yang sama. Bila kita tidak berupaya untuk melestarikan sumber daya genetika kita yang sebagian besar masih di tangan petani tradisional maka kita tidak akan mampu lagi membangun bibit unggul.

2. Jagung (*Zea mays* L.)

Jagung merupakan sumber karbohidrat kedua setelah padi dan merupakan makanan pokok penting di Pulau Timor, Nusa Tenggara Timur. Pusat asal usul jagung adalah benua Amerika (Meksiko bagian Selatan, Amerika Tengah). Produksi jagung Indonesia pada tahun 2012 tercatat 3.959.909 ton (FAOstat 2014). Sejumlah 277.000 aksesi jagung terdapat di dunia; IARI-Maize (India) menyimpan paling banyak (10%), diikuti oleh VIR (Federasi Russia) (7%), NSL (Amerika Serikat) (5%), dan CIMMYT yang memelihara *global base collection* (5%) (FAO 1997). Koleksi SDG jagung di Indonesia sudah ada sejak program pemuliaan dimulai pada tahun 1923. Jumlah aksesi jagung di Indonesia berjumlah 1.546 (886 aksesi di BB-Biogen dan 660 aksesi terdapat di Balai Penelitian Sereal yang terdiri atas 480 varietas lokal, 130 varietas introduksi, dan 50 populasi introduksi). Sebanyak 65 varietas di antaranya yang sudah dilepas (37 varietas jagung *open pollinated*/bersari bebas dan 11 varietas hibrida dilepas oleh Puslitbangtan (Budiarti 2007), dan 17 oleh BB-Biogen (BB-Biogen 2010) serta 3 varietas lokal yang sudah didaftar, yakni piet kuning dari NTT, kretek tambin dari Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur, dan motoro kiki dari Gorontalo (*http://ppvt.setjen.deptan.go.id*).

Sejak 1995, koleksi SDG jagung disimpan dalam bank gen dengan fasilitas ruang dingin yang terdiri atas ruang AC suhu 15–18°C untuk penyimpanan jangka pendek, ruangan dengan suhu -5–0°C untuk jangka menengah, dan ruangan dengan suhu -20°C untuk jangka panjang (Budiarti 2007).

3. Jewawut dan hanjeli/jali

Jenis serelia lain yang masih dipertahankan petani sebagai bahan makanan tambahan di daerah terpencil adalah jewawut dan jali. Jewawut merupakan bahan pangan dan pakan. Di Afrika dan India, jewawut merupakan bahan makanan pokok yang penting. Pusat asal usul tanaman jewawut terletak di Sudan hingga Senegal (Harlan 1971, 1975). Lungkang gen jewawut termasuk *Pennisetum* spp. dan *minor millets* seperti *Eleusine coracana, Echinochloa frumentacea, Panicum miliaceum,* dan *Setaria italica*.

Di Enrekang Sulawesi Selatan, jewawut termasuk tanaman musim kering yang bijinya dimasak dengan gula merah sebagai pangan lokal dan sebagian dijual umum dalam bentuk dodol. Di Papua, jewawut disebut hotong, sedangkan di Sulawesi Tengah disebut tareang. Jewawut merupakan pangan lokal yang sering disajikan pada upacara adat. Di Lombok, jewawut atau betem dikonsumsi sebagai makanan selingan berupa bubur betem, dodol betem, dan bajet betem. Di Kabupaten Ende, Flores, beberapa *landraces* jewawut dapat ditemukan, di antaranya di Wete Mera (Desa Kurulimbu), Wete Mera (Desa Wiwipemo), dan Wete Bara (Lepembusu, Kelisoke). Pengembangan jewawut sebagai sumber karbohidrat alternatif terdapat di Maluku (Pulau Buru) dan Sulawesi Selatan (Enrekang, Sidrap, Majene). Hingga saat ini, hanya ada satu varietas lokal yang telah didaftarkan, yaitu buru hotong dari Kabupaten Buru (http://*ppvt.setjen.deptan.go.id*).

Asal usul jali (*Coix lacryma-jobi)* diduga berasal dari Asia bagian selatan dan bagian timur (Grubben & Partohardjono, 1996). Saat ini, jali dibudidayakan sebagai tanaman pertanian biji-bijian minor di seluruh daerah tropik, terutama di India, China, Filipina, Thailand, Malaysia dan daerah Mediterranea. Jenis dengan buah yang berkulit keras kadang-kadang juga dibudidayakan. Jali terdiri atas 5 jenis yang berkerabat dekat,

semua berasal dari Asia (Jansen 2006). India Timur Laut merupakan pusat keragaman dari marga *Coix* (Hore & Rathi 2007). Jali dimasak dengan gula merah, dicampur beras dan dibuat tape. Di Indonesia, jali ditanam di Pulau Maumere (NTT) di pinggiran kebun tanaman hortikultura dan di Jawa Barat (Qosim *et al.* 2013). Jumlah aksesi yang ada berjumlah 8 di Balitserealia (*http://www.indoplasma.or.id*).

4. Kedelai (*Glycine max*)

Kedelai adalah bahan pangan utama setelah padi dan jagung. Lungkang gen kedelai terdiri atas *Glycine max*. dan kerabat liarnya. *Glycine* terdiri atas jenis dengan jumlah kromosom 2n = 2x = 40 atau penggandaannya. Pusat asal usul tanaman kedelai adalah China bagian selatan (Zhao & Gai 2004). Jumlah aksesi kedelai adalah 1.993 (998 di BB-Biogen), varietas yang sudah dilepas berjumlah 68 varietas (24 dari BB-Biogen), dan 3 varietas lokal yang sudah didaftarkan, yaitu varietas grobogan dari Kabupaten Grobogan serta varietas gepak ijo dan gepak kuning dari Kabupaten Ponorogo (*http://ppvt.setjen.deptan.go.id*).

5. Kacang tanah dan Kacang Hijau

Lungkang gen kedelai terutama *Arachis hypogaea L.* dan kerabat liarnya. Tanaman ini berasal dari benua Amerika (Bolivia dan barat laut Argentina, Argentina, Bolivia, Brazil, Paraguay, dan Uruguay). Jumlah aksesi kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*) di Indonesia tercatat 1.194, dan terdapat 46 varietas yang sudah dilepas (*http://ppvt.setjen.deptan.go.id*).

Jumlah aksesi kacang hijau (*Phaseolus radiata*) tercatat 1.492 dengan 8 varietas yang sudah dilepas (*http://ppvt.setjen.deptan.go.id*).

6. Ubi-ubian

Indonesia merupakan produsen kelima ubi kayu dengan kontribusi 10% dari produksi dunia. Lungkang gen ubi kayu terdiri atas kultivar *Manihot esculenta* dan 80 jenis liar. Jumlah aksesi ubi kayu tercatat 706 aksesi dengan 11 varietas yang sudah dilepas (*http://ppvt.setjen.deptan.go.id*).

Indonesia merupakan produsen ubi jalar keempat di dunia. Ubi jalar merupakan sumber pangan penting di Papua. Jumlah aksesi yang tercatat berjumlah 1.702, dengan jumlah varietas yang sudah dilepas sebanyak 17 varietas (*http://ppvt.setjen.deptan.go.id*).

Masyarakat Sunda di Bogor dan kawasan Puncak, Jawa Barat mempunyai berbagai macam varietas talas. Daerah Malang, Jawa Timur terkenal dengan tanaman bentul yang termasuk dalam jenis talas-talasan. Di Papua juga banyak ditemukan varietas keladi dan ubi jalar.

Tanaman Pangan Lainnya

Gandum, walaupun bukan tanaman asli Indonesia, sudah mulai dikembangkan sejak tahun 1960-an. Secara umum, gandum diklasifikasikan menjadi *hard wheat (Triticum aestivum)* yang digunakan untuk membuat roti, *soft wheat* (*Triticum compactum)* yang digunakan untuk membuat biskuit serta roti, dan *durum wheat (Triticum durum)* yang digunakan untuk membuat produk pasta, seperti makaroni dan spageti. Sebanyak 88 nomor gandum telah dikonservasi di bank gen BB-Biogen.

5.2.3 Hortikultura

Komoditas binaan Ditjen Hortikultura mencakup 323 jenis yang terdiri atas 80 sayuran, 60 buah-buahan, dan 66 biofarmaka. Sementara itu, komoditas yang sudah ditangani terdiri atas 25 jenis sayuran, 26 buah-buahan, 24 tanaman hias, dan 15 tanaman biofarmaka. Sebagai komoditas unggulan, hortikultura terdiri atas delapan komoditas, yaitu cabai, bawang merah, kentang, manggis, mangga, salak, jeruk dan krisan. Sejak tahun 1980, telah dilepas sebanyak 1.750 varietas yang terdiri atas 958 varietas tanaman sayuran (35 jenis), 623 varietas tanaman buah (46 jenis), 146 varietas tanaman hias (15 jenis), dan 23 varietas tanaman biofarmaka (6 jenis) (Kementerian Pertanian 2013).

1. Cabai

Di Indonesia, dikenal 4 jenis cabai (*Capsicum annuum L.*), yaitu cabai besar, cabai keriting, cabai rawit, dan cabai paprika. Cabai besar yang sudah terdaftar di Kementerian Pertanian (2013) tercatat 97 varietas, diikuti cabai keriting dengan 96 varietas, cabai rawit 29 varietas, dan cabai paprika 6 varietas.

Cabai merah tercatat memiliki 255 aksesi dengan 7 varietas yang sudah dilepas, yaitu varietas Selekta IPB, varietas Pesona IPB, varietas Seloka IPB, IPB Ungara, IPB Perisai, IPB Makmur, dan IPB Perbani. Sementara itu, jumlah varietas cabai hasil pemuliaan yang sudah didaftarkan sebanyak 79 varietas.

2. Bawang Merah

Bawang merah (*Allium cepa* L.) tercatat memiliki 55 aksesi, dengan 14 varietas yang sudah dilepas serta 8 varietas hasil pemuliaan dan 15 varietas lokal yang sudah didaftarkan (Kementerian Pertanian 2013).

3. Kentang

Kentang merupakan komoditas pangan introduksi. Lungkang gen kentang terdiri atas *Solanum* spp., seperti *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* dan *tuberosum*, *S. stenotomum*, *S. ajanhuiri*, *S. goniocalyx*, *S. x chauca*, *S. x juzepczukii*, *S. x curtilobum*, dan *S. phureja*. Terdapat lebih dari 200 *Solanum* spp. liar, 60% di antaranya terdapat di Peru dan Bolivia. Di Indonesia, terdapat 95 aksesi, dengan varietas yang sudah dilepas berjumlah 25 varietas, 5 varietas hasil pemuliaan yang sudah didaftar, dan 4 varietas introduksi (Kementerian Pertanian 2013).

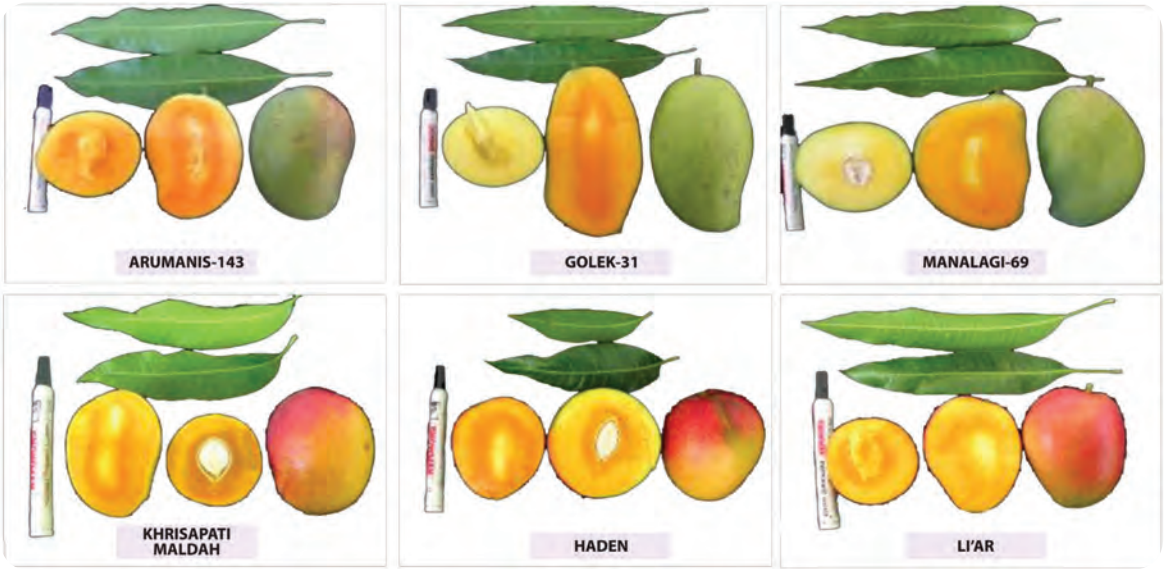
4. Mangga

Mangga merupakan tanaman buah yang memberikan sumbangan terbesar ketiga setelah pisang dan jeruk. Jenis mangga yang bernilai ekonomi di antaranya adalah *Mangifera indica* dan *M. odorata.* Koleksi SDG mangga terbesar di Indonesia terdapat di Kebun Percobaan Cukur Gondang. Terdapat 208 varietas yang terdiri atas 298 klon dan 1.568 pohon. Hal ini menjadikan Kebun Percobaan Cukur Gondang sebagai kebun SDG mangga terlengkap nomor 2 di dunia. Namun, belum ada satupun varietas unggul mangga hasil perbaikan varietas atau persilangan yang dilepas. Varietas unggul yang tersedia saat ini merupakan hasil seleksi SDG atau hasil seleksi mangga lokal.

Prioritas pemuliaan mangga terutama ditujukan pada dua varietas, yaitu gedong gincu dan arumanis. Evaluasi dan seleksi ditujukan untuk mencari karakter kulit buah berwarna merah dan citarasa buah yang enak (*http://balitbu.litbang.deptan.go.id/ind/*). Hingga saat ini, telah dilepas 14 varietas unggul manga lokal (di antaranya Arumanis 143, golek, madu, kweni anjir, dan garifta) dan 4 varietas hasil pemuliaan yang sudah didaftar. Beberapa kultivar mangga yang dikoleksi oleh Balitbu dapat dilihat pada Gambar 92.

5. Jeruk

Pemuliaan tanaman buah jeruk terutama ditujukan pada pengembangan jeruk triploid. Untuk jeruk dataran rendah diutamakan yang berwarna kuning oranye. Koleksi SDG jeruk terdapat di beberapa kebun percobaan (KP), yaitu KP Banaran, KP Banjarsari, KP Kliran, KP Punten, dan KP Tlekung. Hingga tahun



Sumber: *http://balitbu.litbang.deptan.go.id/ind/*

Gambar 92. Beberapa kultivar mangga koleksi Balitbu

BEBERAPA AKSESI JERUK KOLEKSI BALITJESTRO

Jeruk keprok 'Batu 55'

Jeruk Siam Kintamani

Foto: *http://balitjestro.litbang.deptan.go.id /id/jeruk/*

2010, Balitjestro telah memiliki koleksi 213 aksesi jeruk yang terdiri atas jeruk keprok, manis, siam, dan jeruk besar (pamelo). Sebanyak 22 varietas lokal sudah didaftarkan dan satu varietas hasil pemuliaan, yaitu jeruk keprok 'Batu 55', sudah didaftar.

6. Salak

Terdapat 615 aksesi salak, tujuh varietas hasil pemuliaan sudah didaftarkan selama periode 2006–2013 oleh Balitbu, yaitu RIFKEPRI 48, Sari Intan 295, Sari Intan 541, Arum Sari, Sari Delima, Sari Intan 189, Sari Kampar. Sementara itu, varietas lokal yang sudah didaftarkan selama periode 2005–2013 di antaranya Manggala, Madu, Salman, Riring, Padang Sidempuan Putih, Sibakua, Padang Sidempuan Merah, Tagulandang, Ukupati, dan Jambon Berdikari.

7. Durian

Durian (*Durio* spp.) merupakan salah satu tanaman buah asli Indonesia, dan Kalimantan dianggap sebagai pusat asal usulnya. Di antara 28 jenis yang ada di dunia, 19 jenis berasal dari Kalimantan dan Sumatra (Nanthachai 1994, Brown 1997), serta 7 jenis diketahui menghasilkan buah yang bisa dimakan (Gadug & Voon 2000). Durian merupakan komoditas buah-buahan keempat setelah pisang, jeruk, dan mangga dari segi produksi. SDG durian dipelihara di Balitbu, Solok (147 aksesi), KP Subang dan Kebun Raya Bogor (kerabat liar). Varietas unggul lokal yang sudah dilepas berjumlah 17 (di antaranya varietas Bokor, Siriwig, Perwira, Matahari, Hepe), sedangkan varietas lokal yang sudah didaftar berjumlah 68.

Salah satu kerabat liar durian, yaitu Lai/Pampaken (*Durio kutejensis*), yang merupakan dua dari enam durian yang dapat dimakan. Lai merupakan jenis durian endemik di Kalimantan, terutama di Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan. Namun, Lai juga dijumpai tumbuh baik di Sumatra dan Jawa (Santoso 2012, *http://balitbu.litbang.deptan.go.id*). Lai memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai salah satu produk unggulan buah tropika, namun pamornya masih tertutup oleh ketenaran durian dari jenis *D. zibhetinus*. Oleh karena itu, kepedulian dan upaya promosi Lai perlu ditingkatkan agar citra salah satu komoditas unggulan masa depan ini meningkat dan dapat menjadi pendamping durian (*http://balitbu.litbang.deptan.go.id*). Beberapa kultivar durian yang dikoleksi oleh Balitbu dapat dilihat pada Gambar 93.

8. Manggis (*Garcinia mangostana* L.)

Indonesia merupakan pusat asal usul dan keragaman manggis. Asal tanaman manggis diperkirakan dari Kepulauan Sunda Kecil dan Maluku (Morton 1987). Lungkang gen manggis terutama *Garcinia mangostana* dengan kerabat liarnya antara lain *G. malaccensis, G. penangiana* Pierre, *G. celebica*, dan *G. hombroniana*. Koleksi plasma manggis terdapat di Balitbu (104 aksesi), delapan varietas sudah didaftar, enam di antaranya

sudah dilepas sebagai varietas unggul lokal. Manggis koleksi *in situ* terdapat di Bogor, Malino, Purwakarta, Tasik, Kaligesing-Purworejo, Rimsar (NTB), dan Tembilahan (Riau) serta Kebun Buah Mekarsari.

Karakter spesifik tanaman manggis adalah apomiksis dengan pertumbuhan lambat. Kualitas buah merupakan sasaran utama dalam perbaikan tanaman manggis, terutama karena penyakit getah kuning buah. Daftar varietas manggis yang sudah terdaftar dapat dilihat di Tabel 24.

9. Pisang (*Musa* spp.)

Pisang adalah tanaman buah penting di Indonesia dan dunia. Pisang merupakan tanaman buah yang memberikan sumbangan terbesar (± 30%) terhadap produksi buah-buahan nasional. Indonesia menduduki urutan keenam sebagai negara penghasil pisang di dunia, dengan produksi 6.189.052 ton (6,07% dari produksi dunia 101.992.743 ton) pada tahun 2012, namun nilai ekspornya sangat rendah sehingga tidak tercatat dalam FAO (FAOstat 2014).

Sumber: *http://balitbu.litbang.deptan.go.id/ind/*

Gambar 93. Beberapa kultivar durian koleksi Balitbu

Tabel 24. Daftar Varietas Lokal Manggis yang Sudah Didaftar

No.	Nama Varietas	Asal	No Terdaftar
1	Wanayasa	Purwakarta	23/PVL/2008
2	Lingsar	Nusa Tenggara Barat	42/PVL/2008
3	Malinau	Malinau	59/PVL/2008
4	Cemani	Probolinggo	39/PVL/2010
5	W 5 Watulimo Trenggalek	Trenggalek	46/PVL/2010
6	Lebong	Lebong, Bengkulu	17/PVL/2011
7	Batu Kumbung	Lombok Barat	06/PVL/2012
8	Palasari Serasi	Tabanan Bali	26/PVL/2013

Permasalahan utama pengembangan pisang nasional adalah sistem usaha tani yang masih bersifat tradisional. Hingga saat ini, belum ada penerapan teknologi budi daya yang sesuai standar teknik budi daya (SOP). Dengan kata lain, usaha budi daya masih bersifat sampingan dan belum didukung dengan sarana dan prasarana usaha yang memadai. Selain itu, masih ada beberapa faktor yang menjadi masalah pada upaya pembudidayaan pisang, di antaranya serangan layu Fusarium yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (FOC), penanganan pascapanen masih bersifat tradisional serta belum dilakukannya *grading* (pengelasan) dan standardisasi produk.

Sasaran produksi pisang tahun tahun 2025 ditargetkan sebesar 11.266.000 ton. Sebagian besar produksi tersebut digunakan untuk memenuhi konsumsi dalam negeri, kebutuhan industri pengolahan, dan untuk peningkatan ekspor. Strategi yang akan ditempuh dalam pengembangan pisang adalah (a) pengembangan varietas unggul, (b) penyiapan benih, (c) pewilayahan komoditas, (d) penerapan teknologi maju, (e) pengembangan perlindungan komoditi pisang, (6) peningkatan mutu, (f) pengembangan kawasan sentra produksi, (g) pengembangan kelembagaan petani, (h) pengembangan sarana dan prasarana kebun, dan (i) pengembangan agroindustri pedesaan (*http://www.litbang.deptan.go.id*).

Keragaman dan Pemanfaatan Sumber Daya Genetika Pisang

Pisang termasuk marga *Musa*, ordo Zingiberales, suku Musaceae. Pusat asal usul *Musa* spp. terdapat di Asia Tenggara, sedangkan pusat keanekaragaman sekunder terdapat di Afrika bagian Timur dan Tengah. Lungkang gen *Musa* termasuk jenis-jenis liar dan kultivar budi daya.

Pisang liar (berbiji dan diploid) diklasifikasikan berdasarkan jenis, sedangkan pisang budi daya/kultivar (varietas yang dibudi daya, tidak berbiji, partenokarpi, dan diperbanyak secara vegetatif/klonal) diklasifikasikan berdasarkan kelompok genom (AA, BB, AB, AAA, AAB, ABB, AAAB). Marga *Musa* terdiri atas 66 jenis (*http://www.theplantlist.*

KULTIVAR PISANG YANG DAPAT DITEMUKAN DI INDONESIA

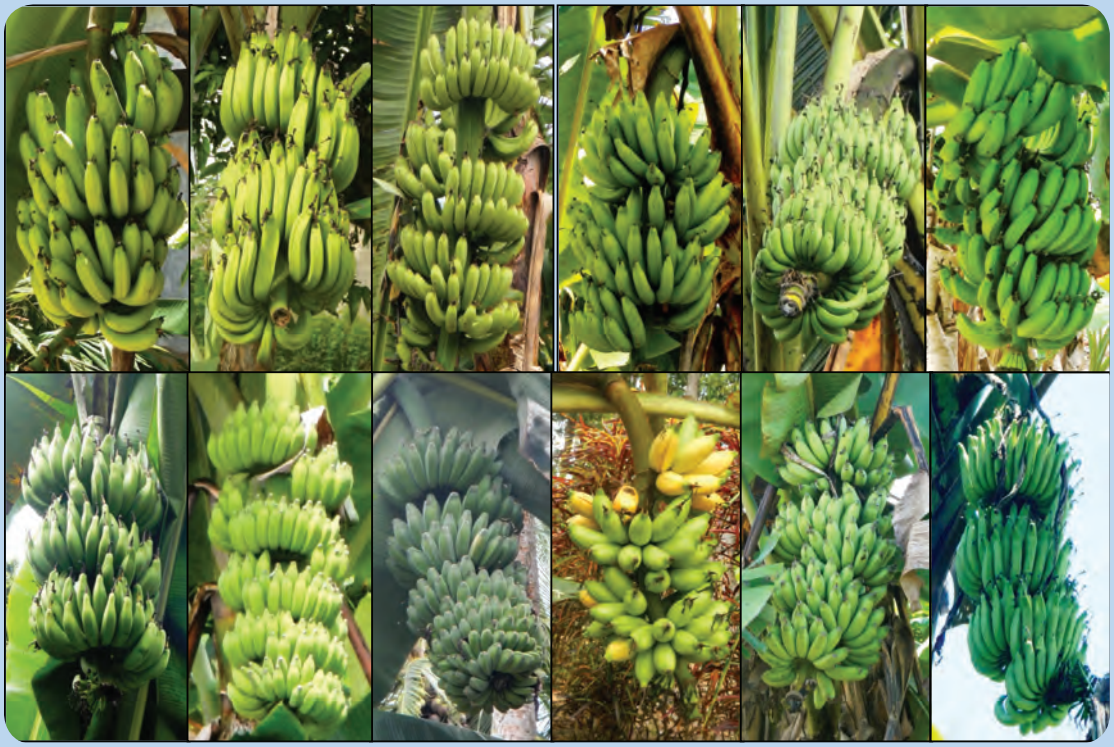


Foto: Poerba *et al*. 2013

Kultivar pisang yang terdapat di beberapa daerah di Indonesia: (dari kiri ke kanan) pisang kapal, pisang ambon, pisang barangan, pisang paget, pisang pulau pinang, pisang ambon hijau, pisang talas, pisang awak, pisang kepok, pisang mas, pisang pulo, pisang jari buaya

org/browse /A/Musaceae/Musa/), dan berasal dari Asia Tenggara (Stover and Simmonds, 1987), wilayah yang dianggap sebagai pusat keragaman primer pisang dimana proses domestikasi awal terjadi di wilayah ini (Simmonds 1962). Häkkinen & Wallace (2011) menyebutkan ada 59 jenis *Musa*, dua jenis di antaranya, yaitu *Musa acuminata* (genom AA) dan *Musa balbisiana* (genom BB), yang merupakan nenek moyang dari pisang budi daya saat ini (Simmonds and Shepherd 1955).

Dari 66 jenis *Musa* di dunia, terdapat 12 jenis di Indonesia (Nasution & Yamada 2001). Paling sedikit terdapat 15 varietas liar *Musa acuminata* yang tersebar dari Aceh hingga Papua (Nasution 1991) (Tabel 25). Tiga varietas *Musa*, yaitu *M. acuminata* var. *alasensis, M. acuminata* var *nakaii,* dan *M. acuminata* var. *rutilifes* termasuk ke dalam tumbuhan langka Indonesia (Mogea *et al.* 2001). Selain itu, terdapat dua varietas dari *M. balbisiana* yang terdapat di Indonesia (Tabel 25) serta 21 aksesi *Musa balbisiana* yang sudah dikarakterisasi dengan marka molekuler RAPD dan ISSR (Poerba *et al.* 2014) serta AFLP (Ahmad *et al.* 2014). Sebagian varietas liar dari *M. acuminata* dan *M. balbisiana* sudah dimanfaatkan dalam program pemuliaan pisang, di antaranya adalah *M. acuminata.* var *malaccensis* (Poerba *et al*. 2012) dan varietas-varietas liar lainnya (Poerba *et al.* 2013). Sementara itu, jumlah kultivar pisang yang ada di dunia tercatat sejumlah 5.432 kultivar, 104 di antaranya berasal dari Indonesia (*http://www.promusa.org/tiki-index.php?page=Banana+cultivar+check list*). Beberapa kultivar diploid AA dan triploid sudah dikarakterisasi secara molekuler (Poerba & Ahmad 2010a, 2010b).

Hingga saat ini, tercatat 20 varietas lokal yang telah didaftar (Tabel 26), tiga varietas hasil pemuliaan yang sudah didaftar (Tabel 27), dan paling sedikit ada 4 varietas yang sudah dilepas (Tabel 28).

Pelestarian *Ex Situ*

Terdapat kurang lebih 10.500 aksesi yang disimpan di bank gen di seluruh dunia, 10% disimpan di International Transit Center (ITC) Belgia; 9% di CIRAD, Perancis; 9% di FHIA, Honduras; 6% BPI, Filipina; dan 5% di DPI, Papua New Guinea. Koleksi ITC terdiri atas 77% *landraces* dan kultivar, 7% *advanced cultivars*, dan 15% jenis liar.

Koleksi SDG pisang di Indonesia terdapat di berbagai lokasi/institusi di antaranya

1) Kebun Koleksi Plasma Nutfah SDG Pisang Dinas Pertanian dan Kehewanan Yogyakarta (170 aksesi yang berasal dari Jawa Barat, Jawa Timur, DIY Yogyakarta, Sumatra Selatan, dan Jawa Tengah).

Tabel 25. Varietas Liar *Musa acuminata* dan *M. balbisiana* yang Terdapat di Indonesia

Varietas	Persebaran
*Musa acuminata var alasensis *)*	Aceh Tenggara
Musa acuminata var *halabanensis*	Sumatra
Musa acuminata var *malaccensis*	Sumatra, Jawa Barat
Musa acuminata var *longipetiolata*	Sumatra Selatan
Musa acuminata var *zebrina*	Jawa
Musa acuminata var *bantamensis*	Jawa Barat
Musa acuminata var *breviformis*	Jawa Barat
Musa acuminata var *cerifera*	Jawa Barat & Tengah
Musa acuminata var *rutilifes *)*	Jawa Tengah & Timur
Musa acuminata var *microcarpa*	Kalimantan
Musa acuminata var *flava*	Kalimantan
Musa acuminata var *acuminata*	Maluku, Papua
Musa acuminata var *nakaii *)*	Jawa
Musa acuminata var *tomentosa*	Sulawesi
Musa acuminata var *sumatrana*	Sumatra
Musa acuminata subsp. *banksii*	Sulawesi Utara, Papua
Musa balbisiana var *balbisiana*	Jawa, Sumatra, Sulawesi,
Musa balbisiana var *liukiuensis*	Introduksi dari Jepang

*) Tumbuhan langka Indonesia
Sumber: Mogea *et al.* 2001

Tabel 26. Kultivar Lokal Pisang yang Sudah Didaftar

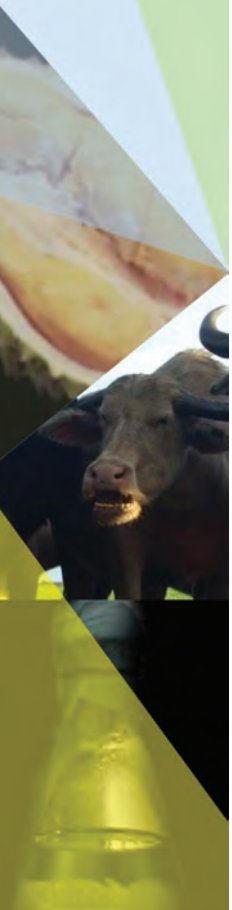
No.	Nama	Asal/Pengusul	No. Terdaftar
1	Pisang agung semeru	Kab. Lumajang, Jawa Timur	002/PVL/2006
2	Pisang mas kirana	Kab. Lumajang, Jawa Timur	003/PVL/2006
3	Pisang kepok manurun	Banjar, Kalsel	09/PVL/2007
4	Pisang talas	Kab Balangan Kalsel	19/PVL/2007
5	Pisang telur	Kerinci, Jambi	58/PVL/2007
6	Pisang sari	Jimbaran, Bali	02/PVL/2008
7	Pisang raja nangka	Kab. Merangin, Jambi	04/PVL/2008
8	Pisang raja bulu kuning	Kab Bogor, Jabar	22/PVL/2008
9	Pisang ketip gunung sari	Lombok Barat, NTB	36/PVL/2008
10	Pisang unti sayang	Selayar, Sulsel	58/PVL/2008
11	Pisang gebyar	Kab. Batang, Jawa Tengah	65/PVL/2008
12	Pisang jantan piaman	Pariaman	14/PVL/2009
13	Pisang mulu bebe	Maluku Utara	19/PVL/2009
14	Pisang kepok pontia	Kab Kubu Raya	19/PVL/2010
15	Pisang raja lawe	Kab Banjarnegara	50/PVL/2010
16	Pisang mas bernas	Jambi	33/PVL/2011
17	Pisang limba	Sulawesi Utara	56/PVL/2011
18	Pisang ratahan	Sulawesi Utara	70/PVL/2011
19	Pisang barangan merahi	Kab. Deli Serdang	32/PVL/2013
20	Pisang kepok bangun sari	Kab. Deli Serdang	35/PVL/2013

Tabel 27. Varietas Hasil Pemuliaan yang Sudah Didaftar

No.	Nama varietas	Asal/Pengusul	No. Terdaftar
1	Pisang INA 03	Balitbu	194/PVHP/2009
2	Pisang LIPI MJ4	Pusat Penelitian Biologi-LIPI	180/PVHP/2013
3	Pisang LIPI ML4	Pusat Penelitian Biologi-LIPI	180/PVHP/2013

Tabel 28. Varietas Lokal yang Sudah Dilepas

No.	Varietas	Asal	No. SK
1	Pisang mas kirana	Jawa Timur	516/KPTS/SR/.120/12/2005
2	Pisang kepok tanjung	Sumatra Barat	378/Kpts/SR. 120/1/2009
3	Raja kinalun	Sumatra Barat	379/KPTS/SR.120/1/2009
4	Pisang kepok unti sayang	Sulawesi	2048/Kpts/SR.120/5/2010



2) Kebun Koleksi SDG Pisang Balai Penelitian Buah, Solok (157 aksesi pisang liar dan budi daya yang dikoleksi dari berbagai tempat di Maluku, Papua, Sumatra Barat, Jambi, dan Sumatra Utara).
3) Kebun Koleksi Plasma Nutfah SDG Pisang Cibinong Science Center terdiri atas 251 aksesi pisang liar dan budi daya, hasil induksi poliploidi dan hasil persilangan, dengan jumlah spesimen 1.624 yang terdiri atas 219 pisang liar, 322 pisang budi daya, 740 hasil induksi poliploidi, dan 343 pisang hibrid (Poerba *et al.* 2013).
4) Koleksi Musaceae di Kebun Raya Bogor (pisang liar) di antaranya *M. acuminata var. malaccensis, M. balbisiana* var *liukiuensis, M. acuminata* var *halabanensis, M. acuminata* var *zebrina*, dan *M. acuminata* var *nakaii.*
5) Koleksi Musaceae di Kebun Raya Purwodadi (pisang liar, pisang budi daya) sekitar 316 spesimen, 114 kultivar dari 4 jenis induk silangan. Koleksinya di antaranya adalah *Musa acuminata* dan *M. balbisiana* (Pisang Klutuk Wulung) yang merupakan jenis liar yang berperan sebagai induk silangan pisang-pisang kultivar di Indonesia. Salah satu pisang kultivar kebanggaan Kebun Raya Purwodadi adalah Pisang Kates.

PEMANFAATAN SUMBER DAYA GENETIKA PISANG DALAM PEMULIAAN PISANG TRIPLOID

Kultivar pisang memiliki ciri terdiri atas lebih dari satu genom (AA, AAA, AAB, ABB, BB, AAAA, AAAB), polen steril, kegagalan dalam sistem penyerbukan/pembuahan, dan partenokarpi (karpel tumbuh tanpa fertilisasi, embrio tidak berkembang sehingga buah terbentuk tanpa biji). Kultivar/klon pisang terbukti berasal dari persilangan antara *M. acuminata* (AA) dan *M. balbisiana* (BB). Genom AA bertanggung jawab terhadap rasa manis atau asam dengan kadar pati rendah, sedangkan genom BB berkaitan dengan kadar pati yang lebih tinggi. Kombinasi dari kedua genom tersebut menghasilkan beberapa kultivar berdasarkan kelompok genomnya, seperti pisang diploid AA (pisang mas, pisang jari buaya, pisang berlin, pisang oli yang secara umum dicirikan oleh ukuran buah kecil dan kulit tipis menempel pada daging buah), pisang triploid AAA (pisang ambon/*gross michel*, pisang ambon lumut/*cavendish*, pisang barangan), AAB (pisang raja, raja sereh, pisang tanduk, pisang nangka), ABB (pisang siam, saba, pisang kepok), BB (pisang klutuk, klutuk wulung, dan klutuk warangan) serta pisang tetraploid AAAB (pisang ustrali).

Pemuliaan pisang budi daya sangat sulit karena sistem genetika yang kompleks, partenokarpi, sterilitas betina/tidak berbiji, serbuk sari yang steril/sterilitas jantan, tingkat ploidi, dan kelompok genom yang berlainan serta siklus hidup tanaman yang panjang. Oleh karena itu, pemanfaatan pisang liar sebagai sumber polen sekaligus sumber ketahanan terhadap penyakit menjadi penting. Salah satu strategi yang dianut untuk pemuliaan pisang adalah persilangan induk tetraploid dengan induk diploid sebagai sumber tepung sari untuk menghasilkan pisang triploid (Stover & Simmonds, 1987).

Oleh karena itu, penggandaan kromosom pisang diploid yang mempunyai sifat yang diinginkan sehingga menjadi pisang tetraploid untuk induk persilangan merupakan salah satu prasyarat utama untuk pemuliaan pisang triploid. Lebih dari 12 aksesi pisang tetraploid hasil penggandaan kromosom secara *in vitro* telah dihasilkan oleh LIPI, dua di antaranya sudah terdaftar di Perlindungan Varietas dan Perizinan Pertanian dengan No. 180/PVHP/2013 dan No. 181/PVHP/2013 dengan nama Pisang LIPI MJ4 dan Pisang LIPI ML4. Demikian pula hibrid pisang triploid Madu x *Musa acuminata* var *malaccensis* telah berhasil diperoleh (Poerba *et al.* 2012).

6) Koleksi IPB, yakni 22 aksesi yang ditanam di Kebun Percobaan Pasirkuda (16 di antaranya berasal dari hasil eksplorasi di Lampung) dan 65 di Kebun Percobaan Tajur.

Di Indonesia, koleksi kultur jaringan pisang tersebar di berbagai lokasi dan institusi, di antaranya Kementerian Pertanian (Balitbu, Dinas Pertanian Yogyakarta), IPB (introduksi diperoleh dari ITC sebanyak 50 berupa tanaman hasil perbanyakan kultur jaringan), LIPI, dan beberapa universitas di Indonesia.

Buah-Buahan Lain

SDG buah-buahan lain yang tidak termasuk unggulan nasional saat ini tersebar di berbagai instansi. Balitbu memiliki koleksi alpokat (20 aksesi), belimbing (17 aksesi), jambu air (16 aksesi), jambu (20 aksesi), nenas (150 aksesi), pepaya (25 aksesi), rambutan (27 aksesi), sirsak (18 aksesi), nangka (12 aksesi), sawo (7 aksesi), melon (6 aksesi), kesemek (6 aksesi), biwa (5 aksesi), namnam (6 aksesi), semangka (9 aksesi), duku (5 aksesi), langsat (2 aksesi), matoa (3 aksesi), dan lengkeng (11 aksesi). Balitjestro memiliki 72 aksesi apel terdiri atas 4 aksesi batang bawah, 68 aksesi apel ditanam di KP Tlekung dengan umur 6 tahun berjumlah 305 pohon dan yang berumur 2 tahun berjumlah 60 pohon. Varietas yang sudah dilepas di antaranya Rome Beauty, Manalagi, dan Anna. Koleksi anggur terdapat 43 aksesi anggur, sebagian besar masih merupakan koleksi, 25 aksesi lengkeng dan 19 aksesi stroberi, yang ditanam di KP Tlekung, di antaranya Dorit, Lokal Brastagi, Aerut, Sweet Charlie, dan California.

Jumlah koleksi plasma salak, mangga dan pisang menduduki koleksi tertinggi di Balai tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, beberapa kultivar unggul buah lokal tercantum dalam Tabel 29.

Buah-buahan minor lainnya seperti tapos (*Elettariospermum tapos*), menteng (*Baccaurea* spp.), canar (*Smilax macrocarpa*), rasberi (*Rubus* spp.), jamblang (*Syzygium cumini*), matoa (*Pomelia pinnata*), asam keranji (*Dialium* spp.), asam gelugur (*Garcinia atroviridis*), asam kandis (*Garcinia parvifolia*), dan gitaan (*Willughbeia* spp.) perlu mendapat perhatian.

Pada umumnya, kendala utama pengelolaan SDG tanaman adalah keterbatasan sumber daya manusia, dana dan pengelolaan/manajemen. Selain itu, serangan hama dan penyakit merupakan kendala dalam pelesta-

Tabel 29. Kultivar Unggul Buah Lokal yang Terdapat di Balai Penelitian Buah Tropika

Komoditas	Jumlah aksesi yang telah dimanfaatkan	Pemanfaatan
Pisang	12 aksesi : 2 jenis	Hasil evaluasi telah dilepas 2 VUB, sebagai tetua dalam persilangan untuk menghasilkan varietas unggul
Mangga	15 aksesi : 1 jenis	Hasil evaluasi telah dilepas > 3 VUB, sebagai tetua dalam persilangan, entris diradiasi untuk menghasilkan VUB tanpa biji
Manggis		Hasil evaluasi telah dilepas 2 VUB
Durian	15 aksesi : 2 jenis	Sebagai tetua dalam persilangan, kultur endosperm, entris diradiasi untuk menghasilkan VUB tanpa biji
Rambutan	1 varietas	Bahan untuk kultur endosperm
Salak	10 aksesi : 3 jenis, 2 subjenis	Sebagai tetua dalam persilangan dan telah dilepas 4 VUB
Nenas	18 aksesi : 2 jenis, 4 klon	Sebagai tetua dalam persilangan
Semangka	4 aksesi : 1 jenis	Sebagai tetua dalam persilangan
Melon	5 aksesi : 1 jenis	Sebagai tetua dalam persilangan
Pepaya	25 aksesi : 1 jenis	Sebagai tetua dalam persilangan dan telah dilepas 1 VUB

rian SDG, yang pada beberapa kasus di kebun koleksi telah menyebabkan kematian (erosi genetika). Sebagai contoh, pada tahun 1991 terdapat 70 aksesi koleksi anggur dan sampai dengan tahun 2009 hanya tersisa 46 aksesi.

5.2.4 Tanaman Perkebunan dan Industri

1. Tebu

Lungkang gen tebu terdiri atas jenis budi daya, *Saccharum officinarum*, *S. barberi, S.edule,* dan *S. sinense.* Hanya *S. robustum* dan *S. spontaneum* yang merupakan jenis liar. Varietas komersial berasal dari persilangan antar jenis, yaitu persilangan antara *S. barberi, S. edule, S. officinarum, S. robustum, S. sinense* dan *S. spontaneum.* Marga yang berkerabat yang dimasukkan dalam lungkang gen *Saccharum* adalah *Erianthus, Imperata, Miscanthus, Narenga, Nephia, Neyrudia, Sclerostachya,* dan *Vetiveria.* Jumlah aksesi *S. officinarum* tercatat berjumlah 321, dan kerabat liarnya terdiri atas 128 aksesi *S. spontaneum,* 25 aksesi *S. barberi,* 26 aksesi *S. sinensis* dan 71 aksesi *S. robusta.*

Sebanyak 70 varietas sudah dilepas tercatat oleh Puslitbang Gula Indonesia (*http://perkebunan.litbang.deptan.go.id/?page_id=174*).

2. Kelapa Sawit (*Elais guinensis*)

Plasma nutfah kelapa sawit tersebar di beberapa lembaga penelitian dan lembaga swasta nasional dan swasta multinasional serta produsen benih, di antaranya Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), PT Socfin Indonesia, PT PP London Sumatra, PT Dami Mas Sejahtera, PT Tunggal Yunus Estate, PT Bina Sawit Makmur, dan PT Tania Selatan serta beberapa calon produsen benih kelapa sawit lain seperti di Kabupaten Sijunjung. Plasma nutfah kelapa sawit di PPKS sebagian besar berada di kebun HGU milik PT Perkebunan Nusantara IV (PPKS 2007). Kebun plasma nutfah kelapa sawit di Kabupaten Sijunjung seluas 1.000 ha akan diisi aksesi tanaman hasil eksplorasi dari Kamerun yang dilakukan oleh Dewan Minyak Sawit Indonesia bekerja sama dengan Direktorat Jenderal Perkebunan tahun 2008.

Risiko yang dihadapi saat ini adalah kelestarian plasma nutfah kelapa sawit di Indonesia sangat rentan, tidak terjamin dan sewaktu-waktu bisa terancam punah. Keberadaan kebun koleksi ini diharapkan mampu melestarikan dan mendorong peningkatan keragaman plasma nutfah di Indonesia. Koleksi ini nantinya akan dimanfaatkan oleh para pemulia sawit di Indonesia

untuk merakit bahan tanam dengan karakter yang lebih spesifik. Dari pemanfaatan SDG yang ada di Indonesia, telah dihasilkan 33 varietas kelapa sawit unggul yang dimiliki oleh 8 sumber benih di Indonesia.

3. Karet

Koleksi klon-klon karet ditanan di KP Pakuwon, Sukabumi, Jawa Barat, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Badan Litbang Kementerian Pertanian. Pada lahan seluas 0,5 ha ditanam 10 klon, yaitu AVROS 2037, GT 1, RRIC 100, BPM 1, BPM 24, BPM 107, BPM 109, PB 260, IRR 5, dan IRR 104. Balai Penelitian Sungai Putih, Sumatra Utara telah berupaya memperbesar keragaman genetika karet melalui kerja sama antarnegara anggota International Rubber Research and Development Board (IRRDB), yang antara tahun 1984–1989 Indonesia telah menerima sejumlah 7.778 genotipe material plasma nutfah karet hasil ekspedisi IRRDB 1981 di lembah Amazon, Brazil. Semua material tersebut bersama 583 klon telah dikoleksi secara *ex situ* di Kebun Percobaan Pusat Penelitian Karet di Sungei Putih, Sumatra Utara.

Usaha untuk memanfaatkan berbagai karakter penting dari SDG, khususnya sumber-sumber gen kejaguran dan ketahanan terhadap penyakit gugur daun adalah dengan melakukan karakterisasi dan membangun koleksi *working population* yang menghimpun berbagai ciri yang diinginkan. Populasi ini selanjutnya akan dimanfaatkan, baik sebagai kebun induk maupun persilangan buatan. Pembangunan kebun *working population* berjumlah lima unit yang terdiri atas komposisi klon dari material asal Wickham dan IRRDB (Gambar 94).

4. Cengkeh

Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) adalah tanaman asli Indonesia yang banyak digunakan sebagai bumbu dan merupakan salah satu bahan utama rokok kretek khas Indonesia. Cengkeh ditanam terutama di Indonesia (Kepulauan Banda). Tumbuhan ini adalah flora identitas Prov. Maluku Utara. Terdapat 48 aksesi yang terletak di Balittri. Varietas unggul yang sudah dilepas adalah varietas AFO yang dilepas oleh Balittri bekerja sama dengan Prov Maluku Utara, varietas Zanzibar Gorontalo yang merupakan hasil dari penyerbukan terbuka dari varietas Zanzibar Cibinong.

5. Kelapa

Indonesia diperkirakan memiliki 500 kultivar kelapa yang tersebar di seluruh Indonesia pada area seluas 3,8 juta hektare. Balitka telah mengoleksi 115 kultivar, 31 aksesi kelapa yang terdapat di Kebun Paniki (10 kelapa genjah dan 21 kelapa dalam), hasil koleksi dari Sulawesi Utara, Tengah, Tenggara, Gorontalo,

Kebun	Komposisi Klon	Jarak Tanam (luas)
WP. I	PB 260, RRIC 100, PM 10, IRR 5, IRR 104, IRR 107, IRR 112, IRR 176, PN 3718, PN 4543, PN 4578, PN 4648, PN 4676, PN 4804, PN 5778, PN 5819	4 x 4 x 8 m (5 ha)
WP. II	PC 96, PC 98, PC 119, PB 254, PB 350, PB 359, RRIM 908, RRIM 2016, RRIM 2020	2,75 x 6 m (2 ha)
WP. III	AV 427, AV 2037, BPM 1, BPM 24, BPM 107, BPM 109, GT 1, H. Spruceana, IRR 5, IRR 105, IRR 107, IRR 118, IRR 119, LCB 1320, PB 260, PB 5/51, PB 217, PB 330, PB 340, PR 107, RRIM 921, RRIM 937, Tjir 1	2,75 x 6 m (4 ha)
WP. IV	RRIC 100, RRIC 102, RRIC 110, RRII 176, RRII 208, IRR 7, IRR 12, IRR 104, IRR 112, IRR 136, IRR 137, IRR 141, IRR 144, IRR 143, IRR 208, IRR 210, IRR 211, IRR 220, PB 312, PB 314, PB 366, RRIM 911, PM 10,	2,75 x 6 m (2,5 ha)
WP. V	IRR 5, IRR 104, IRR 112, IRR 118, BPM 1, BPM 24, BPM 107, BPM 109, PB 5/51, PB 260, PB 330, PB 350, PB 359, PB 366, RRIM 908, RRIM 921, RRIM 937, RRIM 2016, RRIM 2020, IRCA 11, IRCA 18, IRCA 130, IRCA 230	5 x 5 m (2 ha)

Sumber: Balai Penelitian Karet Sungai Putih, *http://balitsp.com/profile-balai/fasilitas/*

Gambar 94. Kebun *working population* yang telah dibangun di KP Sungai Putih

NTT, dan Jawa Timur serta 3 aksesi introduksi dari Malaysia. Sebanyak 13 varietas sudah dilepas (Novarianto 2008), yakni kelapa genjah kuning bali, kelapa genjah kuning nias, kelapa genjah salak, kelapa dalam takome, kelapa dalam sawarna, kelapa dalam palu, kelapa dalam tenga, kelapa dalam bali, kelapa dalam mapanget, kelapa dalam kima atas, kelapa dalam rennel, kelapa dalam lubuk pakam, dan kelapa dalam banyuwangi (*http://perkebunan.litbang.deptan.go.id/?p=8852*).

6. Lada

Jumlah aksesi lada tercatat berjumlah 35, dengan satu varietas lokal lada yang sudah didaftar, yaitu ciinten dari Kabupaten Sukabumi, dan 7 varietas hasil pemuliaan sudah didaftar (natar 1, natar 2, petaling 1, petaling 2, bengkayang, chunuk, dan lampung daun kecil).

7. Kakao

Kakao merupakan tanaman introduksi dari Amerika Selatan. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jember (PPKK) memiliki 571 aksesi dan lima varietas hasil pemuliaan (ardaciar 10, KW 490, KW 516, KW 514, dan KW 617) yang sudah didaftar (*http://ppvt.setjen.deptan.go.id*).

8. Kopi

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao memiliki 36 aksesi kopi dan satu varietas lokal (kopyol bali) yang sudah didaftar.

9. Jambu Mete

Balittri sudah mendaftarkan lima varietas jambu mete hasil pemuliaan, di antaranya MR 851, PK 36, gunung gangsir 1, B02, dan sagayung muktiharjo 9 (2006–2013). Lima varietas lokal yang sudah didaftar, yaitu meteor YK, flores timur 1, keliwumbu ende, muna 1, dan muna II.

5.2.5 Tanaman Hutan

Kementerian Kehutanan menetapkan prioritas jenis untuk penelitian dan pengembangan tanaman hutan seperti yang tertera pada Tabel 30.

Beberapa penelitian keragaman genetika sudah banyak dilaporkan, di antaranya keragaman genetika ulin (Sulistyowati *et al.* 2005, Rimbawanto *et al.* 2006, Widyatmoko *et al.* 2011), keragaman genetika eboni (Widyatmoko *et al.* 2011), keragaman genetika *Alstonia scholaris* (Poerba *et al.* 2007), keragaman genetika cendana (Poerba *et al.* 2007), dan keragaman genetika ramin (*Gonystylus bancanus)* (Yulita *et al.* 2010).

Tabel 30. Jenis Tanaman Hutan Prioritas untuk Penelitian dan Pengembangan

No.	Jenis Prioritas	Fokus Penelitian
1	Cendana (*Santalum album*)	Konservasi *ex situ,* uji genetika/identifikasi molekuler, perbanyakan vegetatif, pengendalian hama dan penyakit, biologi reproduksi, silvikultur, kandungan kimia
2	Ulin (*Eusideroxylon zwageri*)	Konservasi gen *ex situ,* biologi molekuler, perbanyakan vegetatif, silvikultur
3	Araukaria (*Araucaria cunninghamii* Mudie)	Konservasi gen *ex situ,* biologi molekuler, uji progeni, perbanyakan vegetatif, silvikultur, kandungan kimia
6	*Melaleuca cajuputi* Powell	Biologi reproduksi, hidrologi
7	*Acacia mangium*	Pengendalian hama dan penyakit, uji multilokasi, silvikultur, evaluasi F2, biologi reproduksi, teknologi kayu, hidrologi
8	*Eucalyptus* spp.	Pengendalian hama dan penyakit, uji multilokasi, silvikultur, evaluasi F2, biologi reproduksi, teknologi kayu, hidrologi
9	*Alstonia* spp.	Mikrobiologi, perbanyakan vegetatif dan generatif, konservasi gen *ex situ*, pembentukan populasi perbanyakan dan silvikultur. Uji kualitas kayu *A. scholaris* dan *A. angustiloba*
10	*Intsia* spp.	Konservasi *ex situ* dan *in situ*, uji genetika/identifikasi molekuler, perbanyakan vegetatif dan generatif, uji progeni, silvikultur
11	*Tectona grandis*	Uji klonal, silvikultur, uji genetika/identifikasi molekluler, teknologi kayu, uji kualitas kayu
12	Ebony (*Diospyros celebica)*	Studi molekuler genetika, perbanyakan vegetatif

Sumber: Kementerian Kehutanan 2012

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Kehutanan telah menetapkan konservasi genetika *ex situ* untuk jenis tanaman hutan yang terancam punah demi tujuan reproduksi, ketahanan terhadap hama dan penyakit, kemampuan beradaptasi dari perubahan iklim, dan perbaikan produksi melalui program perbaikan tanaman hutan (Tabel 31).

Program konservasi genetika pohon merupakan aktivitas yang menyatu dengan kegiatan pemuliaan pohon untuk mewujudkan pengelolaan hutan yang lestari. Kebun konservasi genetika dapat menyediakan material genetika yang diperlukan untuk menghasilkan benih unggul atau tanaman dengan karakteristik yang sesuai dengan keinginan. Konservasi genetika juga berfungsi dalam mempertahankan luasnya basis genetika suatu jenis sehingga besarnya variasi genetika tetap terjaga. Kebun konservasi genetika merupakan kontribusi yang signifikan dalam pelestarian jenis yang terancam punah, endemik, ekotipe, unik, dan bernilai ekonomi.

Pembangunan blok konservasi genetika tanaman hutan meliputi eksplorasi, pemilihan pohon induk, pengunduhan dan pengumpulan benih, persemaian dan penanaman. Benih dikumpulkan dari pohon induk per populasi yang mewakili keseluruhan, dengan asumsi tidak terjadi persilangan antarpohon induk (Nugroho 2012). Beberapa lokasi konservasi *ex situ* tanaman hutan telah ditetapkan (Tabel 32).

Konservasi Sumber Daya Genetika Tumbuhan Hutan (KSDGTH) tingkat desa yang idenya berasal dari Setijati Sastrapraja (Sastrapradja 2005) telah ditetapkan Kementrain Kehutanan. Pelaksanaan KSDGH tingkat desa oleh Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan sudah dilakukan di tiga lokasi, yaitu Cilacap (2006), Gunung Kidul (2006 dan 2008), dan Blitar (2007).

5.2.6 Pelestarian

5.2.6.1 Pelestarian *In Situ*

Berbeda dengan pelestarian *ex situ*, pelestarian *in situ* memungkinkan populasi jenis tanaman dipelihara dalam habitat alami dan habitat pertanian sehingga proses evolusi yang membentuk keragaman genetika dan adaptabilitas populasi tanaman terus berlangsung. Pada pelestarian lekat lahan (*on-farm conservation*), *landraces* terus berevolusi dipengaruhi oleh

Tabel 31. Konservasi Genetika Beberapa Jenis Prioritas Tumbuhan Hutan

No.	Jenis Prioritas	Lokasi
1	Cendana (*Santalum album*)	Hutan Penelitian Watusipat, Gunung Kidul, DIY, tahun tanam 2002, 2003, dan 2005. Luas 3,5 ha. Berasal dari 26 provenans (NTT dan Jawa)
2	Araukaria (*Araucaria cuninghamii)*	Hutan Penelitian Sumberwaringin, Bondowoso, Jawa Timur, tahun tanam 2002, luas 1 ha. Berasal dari beberapa provenans Papua (Nerwah, Tuan, Tumbii, Anjai, Dakrau, Morepem, Anggresi, Serui, Wamena).
3	Merbau (*Intsia bijuga*)	Hutan Penelitian Sumberwaringin, Bondowoso, Jawa Timur, tahun tanam 2005, 2006, luas 3,25 ha. Lokasi di Hutan Penelitian Watusipat, Gunung Kidul, DIY, tahun tanam 2007 seluas 3 ha. Berasal dari beberapa provenans Papua, Maluku, Maluku Utara.
4	Ulin (*Eusideroxylon zwageri*)	Hutan Penelitian Sumberwaringin, Bondowoso, Jawa Timur. Tahun tanam 2004, 2005, dan 2006. Luas 3 ha. Berasal dari provenans Kalimantan Timar, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Bangka-Belitung, Sumatra Selatan, dan Jambi. Kebun/plot konservasi genetika di Kemampo, Banyuasin, Sumatra Selatan, berasal dari lima populasi Batanghari, Sarolangun, Musi Banyuasin, Musi Rawas, dan Kalimantan.
5	Penghasil Tengkawang (*Shorea* spp.)	Penelitian dilakukan sejak tahun 2005, lokasi di petak TTT 23 seluas 100 ha, di areal PT SJM, Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat. Jenis-jenis *Shorea* penghasil tengkawang (*Shorea macrophylla, S. pinanga, S. stenoptera, S. seminis. Shorea compressa*).
6	Eboni (*Diospyros celebica)*	Kebun Konservasi Genetika di TN Bantimurung Bulusaraung luas 2 ha, berasal dari 6 provenan.

Tabel 32. Beberapa Lokasi Pelestarian *Ex Situ* SDG Tumbuhan Hutan

No.	Lokasi	Luas (ha)	Jumlah jenis
1	Pasir Handap	35,0	78
2	Cikampek	45,0	61
3	Sumber Waringin	23,6	64
4	Pasir Awi	14,25	27
5	Cirendeng	7,65	9
6	Haur Bentes	100,0	70
7	Pandekanmalang	21,0	25
8	Yanpala	46,0	44
9	Arcamanik	16,25	15
10	Cikole	39,8	45
11	Carita	50,0	54

Sumber: Kementerian Kehutanan 2012

seleksi alami dan juga tekanan seleksi yang dilakukan oleh petani sehingga memungkinkan terjadinya adaptasi tanaman dan perbaikan tanaman.

Kegiatan pelestarian SDG Pangan dan Pertanian (SDGPP) *in situ* meliputi inventarisasi (identifikasi SDGPP dan lokasi), perbaikan dan pengelolaan lekat lahan SDGPP, pelestarian *in situ* kerabat liar untuk perbaikan kualitas tanaman budi daya, pengkajian ancaman terhadap jenis, ekotipe, kultivar dan populasi tanaman pangan dan pertanian, khususnya yang akan dimanfaatkan, dan pendayagunaan SDGPP, baik lokal maupun introduksi untuk menghadapi perubahan iklim. Beberapa *stakeholders* telah melakukan pelestarian *in situ* di berbagai daerah, seperti Universitas Andalas Sumatra Barat, LSM FIELD Jakarta, dan BLH Yogyakarta. Komoditas yang telah disurvei dan diinventarisasi antara lain adalah padi di Sumatra Barat dan ubi jalar di Papua. Sementara itu, di Yogyakarta telah teridentifikasi tempat yang berpotensi sebagai pelestarian *in situ* berbagai SDG lokal dan langka.

Kegiatan pelestarian *in situ* terhadap SDGPP yang telah dilakukan antara lain oleh petani di Indramayu yang mempraktikkan cara budi daya pelestarian *ex situ* padi lokal (Gundil Putih dan Merah, Jalawara Putih dan Merah, Longong, Sri Putih dan Blirik) dan sayur gambas (oyong dalam bahasa sunda) (KNSDG 2011). Kementerian Pertanian menginisiasikan optimalisasi pemanfaatan pekarangan melalui konsep Kawasan Rumah Pangan Lestari (dengan kebun bibit SDG lokal) dan kebun induk milik petani/komunitas (dengan pohon induk yang ditetapkan oleh Menteri Pertanian) serta pengembangan model konservasi dan pemanfaatan oleh masyarakat (terutama pada tanaman tahunan seperti mangga, manggis dan jeruk).

Ekosistem alami merupakan komponen penting dalam pelestarian SDGPP bagi tanaman kerabat liar endemik dan tanaman langka untuk produksi pangan. Adanya interaksi genetika dan lingkungan dapat menghasilkan SDG yang memiliki potensi spesifik atau unik dan memiliki nilai ekonomi tinggi yang tidak dapat dipertahankan secara *ex situ*. Apabila dalam keadaan terancam, SDG yang bersifat unik tersebut, hanya dapat dilestarikan secara *in situ*. Dalam rangka mendorong pelestarian *in situ*, Komisi Nasional SDG (KNSDG) telah memotivasi pembentukan Komisi Daerah SDG (Komda SDG) di setiap provinsi dengan tugas-tugas pelestarian dan pemanfaatan SDGT di daerah. Hingga saat ini terdapat 21 Komda SDG yang terbentuk di Indonesia dari Sumatra Utara hingga Sulawesi Tenggara.

Konservasi *in situ* SDG padi diwujudkan dalam bentuk pemeliharaan jenis atau populasi SDG di habitat aslinya. Sekitar 11.520 varietas padi lokal belum dikarakterisasi dan dievaluasi serta masih sekitar 11.575 varietas belum dimanfaatkan dengan optimal dalam kegiatan pemuliaan tanaman (KNSDG 2011).

5.2.6.2 Pelestarian *Ex Situ*

Pelestarian *ex situ* SDGPP di Indonesia dilaksanakan dalam berbagai bentuk meliputi bank gen benih (*seed bank*), penyimpanan *in vitro*, dan bank gen lapang. Teknik pelestarian atau penyimpanan secara *in vitro* meliputi (1) penyimpanan jangka pendek (penyimpanan

dalam keadaan tumbuh), (2) penyimpanan jangka menengah (penyimpanan dengan metode pertumbuhan lambat atau pertumbuhan minimal), dan (3) penyimpanan jangka panjang dengan metode kriopreservasi. Penyimpanan secara *in vitro* terutama diterapkan pada tanaman yang mempunyai benih rekalsitran dan yang berkembang biak secara vegetatif.

Kebun SDG buah-buahan di Cibinong memiliki koleksi berbagai buah-buah tropis sejumlah 1.172 nomor koleksi yang terdiri atas 18 jenis dan 82 varietas tanaman buah-buahan terpilih Indonesia, seperti durian, rambutan, belimbing, mangga, sawo, jambu air, sirsak, manggis dan jeruk. Selain itu, terdapat koleksi singkong, talas, dan koleksi jarak pagar. Kementerian Pertanian memiliki 10.592 aksesi tanaman pangan, khususnya padi, ubi manis, singkong, kacang tanah, kacang-kacang minor dan umbi minor lainnya. Koleksi terdiri atas koleksi lapang dan koleksi biji. Selain itu, koleksi tanaman perkebunan (kelapa, pala, cengkeh, kelapa sawit, karet, teh, kakao, kopi dan lain-lain).

SDG yang dikelola Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan SDG Pertanian meliputi 19 tanaman pangan termasuk padi, jagung, kedele, kacang tanah, sorgum, kacang hijau, ubi jalar, gandum, kacang tunggak, talas, ubi kelapa, gembili, ganyong, patat, garut, suweg, dan balitung.

Balai Penelitian Obat dan Aromatik memiliki 5 kebun percobaan, dengan jumlah koleksi 1.116 nomor koleksi dalam bentuk koleksi lapang, kultur jaringan dan biji. Kementerian Kesehatan memiliki kebun koleksi yang terdiri atas 850 jenis tanaman obat di Tawangmangu. Selain itu, ada beberapa kebun milik swasta, seperti Mekarsari yang memiliki koleksi sejumlah 78 keluarga, 326 jenis, dan 1.463 varietas buah dan Taman Bunga Nusantara yang memiliki koleksi tanaman hias.

Kegiatan pelestarian sumber daya genetik secara *ex situ* umumnya dilakukan dengan eksplorasi/koleksi, karakterisasi, evaluasi, dan dokumentasi serta *monitoring*. Dokumentasi yang dilakukan adalah untuk menemukan SDG, baik yang telah adaptif, *underutilized crops*, maupun kerabat liarnya. *Monitoring* dilakukan terhadap koleksi yang dimiliki, meliputi *monitoring* stok SDGPP, viabilitas dan integritas genetikanya. Untuk karakterisasi dan evaluasi SDGPP secara menyeluruh terhadap koleksi yang dimiliki, perlu dilakukan regenerasi aksesi koleksi penyimpanan jangka panjang yang sudah menurun viabilitasnya serta penyimpanan data dan informasi mengenai koleksi yang dimiliki. Informasi mengenai koleksi *ex situ* dapat diterbitkan dalam bentuk cetak, yang berisi informasi mengenai data paspor, dan data karakterisasi/evaluasi SDGPP atau didokumentasikan dalam bentuk database (KNSDG 2011).

Koleksi SDGPP secara *ex situ* tidak akan pernah lepas dari ancaman kepunahan, terutama akibat adanya penurunan viabilitas bahan tanaman yang disimpan, terutama yang disimpan dalam bentuk benih. Oleh karena itu, meregenerasikan aksesi *ex situ* yang terancam perlu dilakukan secara berkelanjutan. Kegiatan meregenerasikan aksesi yang terancam ini, selain perlu dilakukan secara berkelanjutan, juga harus dilaksanakan secara tepat dan terencana sesuai standar baku, terutama untuk mencegah terjadinya perubahan atau hilangnya integritas genetika dari aksesi yang dikoleksi.

Pengelolaan bank gen sendiri hanya terbatas untuk tanaman-tanaman yang menghasilkan benih yang bersifat ortodoks. Berkaitan dengan hal tersebut, yang dimaksud dengan meningkatkan kegiatan pelestarian *ex situ* adalah suatu upaya pengembangan dan perbaikan metode penyimpanan secara *ex situ* untuk tanaman-tanaman yang tidak mudah disimpan dalam bentuk benih, seperti tanaman-tanaman yang menghasilkan biji rekalsitran ataupun yang diperbanyak secara vegetatif. Di Indonesia, belum banyak lembaga maupun perorangan yang secara kontinu melakukan kegiatan penelitian dan pengembangan metodologi pelestarian *ex situ* yang efektif dan efisien untuk melestarikan secara *ex situ* tanaman-tanaman berbiji rekalsitran maupun yang diperbanyak secara vegetatif.

Pada umunya, koleksi *ex situ* SDG Indonesia masih belum didokumentasikan dengan baik. Untuk pelestarian dan pemanfaatan yang optimal, data dasar seharusnya tersedia bagi setiap aksesi, di antaranya sebagai berikut:

1) paspor data (nomor aksesi, nama takson, lokasi koleksi),
2) deskripsi karakter morfologi dan karakter agronomi (data karakterisasi dan data evaluasi),
3) uji viabilitas dan waktu regenerasi, dan
4) rekam jejak distribusi dan pemanfaatan dalam program pemuliaan atau kegiatan perbaikan tanaman lainnya (KNSDG 2011).

5.2.7 Sumber Daya Genetika Pengetahuan Tradisional terkait SDGPP

Pengetahuan tradisional yang terkait dengan SDG merupakan komponen *intangible* dari sumber daya itu sendiri. Kombinasi dari pengetahuan tradisional dan SDG berpotensi untuk diambil keuntungannya secara komersial, yaitu dengan mengembangkannya menjadi produk dan proses yang bermanfaat. Potensi komersial yang melibatkan SDG dan pengetahuan tradisional terkait telah berkembang sangat cepat dalam dua dekade terakhir seiring dengan perkembangan yang pesat dari industri bioteknologi. Perkembangan ilmu bioteknologi telah mendorong pengembangan potensi ekonomi, pemanfaatan, dan komersialisasi SDGPP. *Biopiracy* menjadi hal yang sering terjadi di negara-negara berkembang dengan kekayaan SDG melimpah. Negara maju dengan kemampuan teknologinya cenderung telah mengambil keuntungan yang tidak adil dari SDG dan pengetahuan tradisional dari negara-negara berkembang

Pemanfaatan SDGPP idealnya dapat diarahkan demi kesejahteraan manusia diiringi dengan pelestarian keanekaragaman dan keunikan yang dimiliki sehingga dapat dilakukan secara berkelanjutan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan terdiri atas berbagai suku serta budaya akan memiliki metode pemanfaatan SDG yang sangat beragam di tiap wilayah dan agroekologi. Keragaman budaya yang disertai dengan keragaman SDGPP akan menghasilkan beragam pengetahuan masyarakat dalam memanfaatkan sumber daya tersebut untuk keperluan baik pangan, papan, sandang, obat-obatan maupun bahan baku industri.

Indonesia telah meratifikasi beberapa kesepakatan internasional terkait SDGT, seperti Konvensi PBB mengenai Keanekaragaman Hayati Tahun 1992 (United Nations Convention on Biological Diversity/CBD), TRIP (Trade Related Intellectual Property Rights), Cartagena Protocol on Biosafety, Bonn Guidelines on Access to Genetik Resources and Fair and Equitable sharing of the Benefits Arising out of Their Utilization Tahun 2002, dan International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (IT-PGRFA). Dengan demikian, kebutuhan akan data dan informasi SDG dan pengetahuan tradisional terkait SDGPP di Indonesia lebih mendapat perhatian. Pengelolaan data SDGPP dan pengetahuan tradisional terkait SDGPP di Indonesia belum terintegrasi secara nasional, masih dilakukan secara terpisah oleh berbagai lembaga penelitian, kementerian, perguruan tinggi, dan lembaga swadaya masyarakat (LSM), di antaranya adalah LIPI, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian, dan Kementerian Riset dan Teknologi serta Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM)

5.3 Mikrob

Konvensi Keanekaragaman Hayati atau *Convention on Biological Diversity* telah disepakati oleh PBB pada Tahun 1992 dan diratifikasi oleh Pemerintah Indonesia pada Tahun 1994, yang menegaskan bahwa suatu negara memiliki hak berdaulat atas sumber daya alam (SDA), termasuk sumber daya genetika (SDG). Perhatian pemerintah terhadap SDG semakin tinggi terutama pada akses dan pembagian keuntungan secara adil dan merata melalui Protokol Nagoya yang telah ditandatangani oleh pemerintah Indonesia pada tanggal 11 Mei 2011.

Indonesia memiliki kekayaan SDG yang sangat tinggi untuk dapat dimanfaatkan. Sumber daya genetika mikrob (*microbial genetic resources*) merupakan material genetik yang berasal dari mikrob, baik berupa organisme maupun bagian-bagiannya, populasinya atau komponen biotik ekosistem lain yang membawa unit fungsional pewarisan dan memiliki nilai nyata dan potensial untuk kemanusiaan. Definisi ini tidak hanya mencakup materi genetik yang terkandung dalam satu jenis organisme tertentu, namun juga mencakup kumpulan materi genetik dalam satu komunitas. Hal ini juga dikenal dengan istilah mikrobiom (*microbiome*).

Teknik molekuler terus dikembangkan untuk memanfaatkan sumber daya genetik. Prinsipnya, gen-gen rRNA dari sampel lingkungan (misalnya tanah, air, feses, darah) dideteksi dan dikopi (amplifikasi) dengan teknik *polymerase chain reaction* atau PCR. Produk PCR selanjutnya disisipkan ke dalam vektor (umumnya plasmid), ditransformasi ke sel kompeten (umumnya sel *E. coli*) untuk menghasilkan klon dengan aktivitas spesifik yang dikehendaki.

Mikrob, baik berupa sel maupun bagian-bagiannya, seperti genom, plasmid, virus, dan DNA, merupakan perangkat bioteknologi. Sebagian besar mikrob masih tersembunyi dan membutuhkan eksplorasi, identifikasi dan konservasi pada tingkat molekuler. Kajian SDG mikrob dari berbagai sumber terus berkembang seiring dengan penguasaan teknik molekuler berbasis gen. Dengan menggunakan teknik *polymerase chain reaction* (PCR), keragaman genotip suatu jenis dapat ditentukan. Kapang *Monascus purpureus* sebagai organisme yang berperan dalam fermentasi beras merah atau *red mold rice* (angkak) di Indonesia memiliki keanekaragaman genotip (Gambar 95).

Monascus purpureus adalah jenis kapang yang mampu menghasilkan senyawa lovastatin, suatu senyawa yang berpotensi untuk digunakan sebagai obat karena aktivitasnya dalam menurunkan kolesterol darah. Tergantung dari galur *M. purpureus*, kapasitas produksi lovastatin dari sembilan belas galur yang diuji bervariasi, mulai dari 0,05% sampai 0,92% (Kasim *et al*. 2005). Informasi genotip kapang *M. purpureus* dapat digunakan dalam pemilihan galur yang menghasilkan senyawa antikolesterol lovastatin tinggi. Variasi genetika *Monascus* spp. sangat menarik dan kajian filogenetika berdasarkan *internal transcribed spacer* (ITS) *region* melengkapi informasi morfologi kultur mikrob tersebut (Suharna *et al.* 2005).

Sumber daya genetika bermanfaat sebagai "cetakan" untuk memodifikasi bentuk dan aktivitas baru yang dianggap bernilai lebih potensial. Proses modifikasi genetik seperti mutasi dapat dilakukan untuk mendapatkan galur dari jenis yang sama dengan morfologi yang berbeda. Sebagai contoh, dalam pembuatan kecap dijumpai risiko kontaminasi kapang *Aspergillus flavus* yang berbahaya dengan penampakan yang mirip dengan inokulum kecap *Aspergillus oryzae*, yaitu berspora hijau. Melalui mutasi dengan iradiasi sinar ultraviolet, mutan *A. oryzae* berspora putih dihasilkan dan dapat digunakan sebagai inokulum yang membedakan dengan kapang kontaminan sehingga dihasilkan kecap bebas aflatoksin (Sulistyo & Nikkuni 2003). Sebagai hasil mutasi, jenis *A. oryzae* tidak kehilangan aktivitas fungsionalnya dan memiliki potensi dalam sintesis prebiotik fruktooligosakarida (Gambar 96).

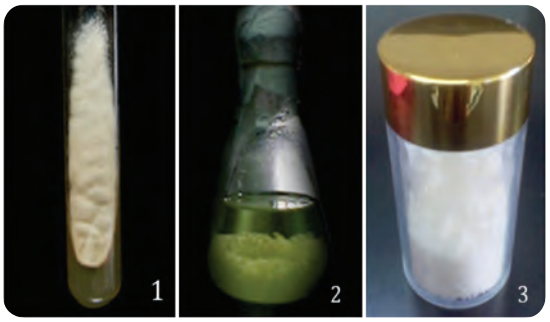


Foto: Puslit Biologi-LIPI

Gambar 95. Kapang *Aspergillus oryzae* dengan spora putih (1) dalam kultur curah sel (2) untuk menghasilkan prebiotik frukto-oligosakarida (3)

Foto: Suharna, Puslit Biologi-LIPI

Gambar 96. Sumber daya genetika untuk (1) fermentasi padat angkak atau beras merah, (2) dengan kapang *Monascus pupureus* yang menunjukkan koloni berpigmen merah, dan (3) spora mikroskopis

Apis cerana
Ubaidillah | 2010

LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan
Pembangunan Nasional

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 6
PERAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

BAB 6 | PERAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

Keanekaragaman hayati penting bagi kehidupan manusia. Namun, informasi tentang peran dan potensinya baru sedikit diketahui sehingga yang dimanfaatkan pun masih sangat terbatas. Beberapa manfaat keanekaragaman hayati bagi kehidupan manusia sebagai sumber bahan pangan, kesehatan, energi, sandang, papan, alat-alat rumah tangga, industri, dan jasa ekosistem akan diulas dalam bab ini.

6.1 Pangan

Sejarah mencatat bahwa dalam upaya melangsungkan kehidupannya, manusia selalu menggantungkan diri pada sumber daya alam hayati, terutama untuk memenuhi kebutuhan pangan. Kebutuhan ini meningkat sejalan dengan perkembangan pola pikirnya. Sampai saat ini, kebutuhan pangan masih bertumpu pada daging, baik dari hewan maupun binatang, tumbuhan, dan tanaman serta mikrob. Bagian tumbuhan dan tanaman yang dijadikan sebagai sumber pangan berasal dari biji, buah, bunga, daun, batang, umbi, atau patinya. Sementara itu, mikrob secara khusus dipergunakan untuk merombak satu bahan pangan ke bahan lain.

Domestikasi dan budi daya sumber daya hayati merupakan awal dari sejarah pemanfaatan pangan. Jenis tumbuhan yang menghasilkan bagian-bagian yang siap dimakan semula memperoleh perlakuan khusus, dan setelah ditanam, sifat tanamannya masih menyerupai sifat tumbuhan yang hidup di alam. Oleh sebab itu, para pakar memperkirakan bahwa tanaman yang diperbanyak secara vegetatif merupakan awal perkembangan sistem pertanian, kemudian barulah berkembang tanaman yang berbasis pada biji. Tanaman yang berbasis biji ini kemudian lebih mudah berkembang dengan cepat ke seluruh dunia dan dijadikan sebagai sumber pangan.

Sumber daya hayati yang dimiliki bangsa Indonesia ini sebenarnya merupakan "emas hijau" yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk keluar dari kondisi krisis multidimensi. Namun, sumber daya hayati pangan masih ditelantarkan dan bahkan dilupakan (Sukara 2003). Pangan nonberas perlu ditingkatkan pemanfaatannya untuk mendorong program diversifikasi

pangan sehingga dapat mengurangi tekanan konsumsi beras. Ismail menjelaskan bahwa Indonesia memiliki 77 jenis sumber pangan nonberas, antara lain ubi kayu, jagung, ganyong, garut, suwek, sukun, pisang, labu kuning, talas, gembili, gembolo, , kentang, kacang-kacangan, dan ubi jalar (Hadi 2014). Oleh sebab itu, masih diperlukan keahlian dan penelitian di bidang kehati yang dapat mendukung penganekaragaman pangan di Indonesia.

6.1.1 Sumber Pangan Utama

Kebutuhan mendasar manusia adalah karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral dan air. Karbohidrat merupakan unsur pangan utama karena berfungsi sebagai sumber energi, diikuti oleh protein dan vitamin yang merupakan kebutuhan pelengkap. Sumber karbohidrat untuk pangan dapat berupa biji-bijian, tepung, dan umbi-umbian. Bahan yang dapat berfungsi sebagai makanan pokok berupa biji-bijian antara lain padi, jagung, dan gandum, sedangkan yang berupa tepung diperoleh dari pohon seperti sagu dan nipah. Bahan karbohidrat umbi-umbian antara lain ubi kayu, ubi jalar, talas, gadung, dan suweg. Akhir-akhir ini dikenal adanya umbi prospektif karena kandungan karbohidratnya lebih tinggi dibanding dengan kandungan karbohidrat pada tepung beras, tepung terigu, dan tepung jagung. Umbi tersebut adalah umbi jalawure (Sunda), kecondang (Jawa), dan taka laut (Melayu, Sumatra) yang dikenal dalam dunia ilmu pengetahuan sebagai *Tacca leontopetaloides*. Jenis ini sudah sejak lama dimanfaatkan oleh masyarakat Garut Selatan dan Talaud sebagai bahan untuk membuat kue dan makanan bayi.

Beras merupakan sumber pangan utama masyarakat Indonesia. Pada umumnya dikenal beras putih, namun ada juga beras merah dan bahkan ada juga beras hitam. Produksi beras di Indonesia dihasilkan dari padi sawah (irigasi), padi tadah hujan (huma), dan padi air dalam atau padi mengambang. Diperkirakan tidak kurang dari 10.000 varietas padi berhasil dikembangkan di berbagai tempat di Indonesia sebelum era Revolusi Hijau. Pemerintah Indonesia kemudian mengembangkan benih-benih padi baru yang dapat meningkatkan produksi padi. Menurut Kementerian Pertanian, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi di Sukamandi sampai tahun 2011 telah dilepas 244 kultivar padi, 90% di antaranya telah diadopsi oleh petani (Kompas, 5 Maret 2012). Padi lokal yang tersisa adalah varietas yang secara ekonomi memiliki harga tinggi seperti cianjur, rojo lele, menthik, pandan wangi, dan sebagainya. Plasma nutfah padi yang disimpan di Kementerian Pertanian adalah sebanyak 4.121 nomor dan padi liar sebanyak 94 nomor.

Jagung merupakan sumber pangan kedua di Indonesia. Beberapa etnik di daerah menggunakan jagung sebagai sumber karbohidratnya. Di samping itu, jagung juga dapat digunakan sebagai pakan ternak dan minyak goreng. Berbeda dengan padi, jagung bukanlah tanaman asli Indonesia. Kultivar yang ada di Indonesia mempunyai biji berwarna kuning, putih, dan merah/hitam. Berdasarkan data Badan Pusat Informasi Jagung Provinsi Gorontalo tahun 2012, tercatat 35 kultivar jagung hibrida sudah dilepas, sedangkan jagung komposit 15 kultivar, jagung lokal 7 kultivar dan jagung galur 5 kultivar. Saat ini tercatat 1.052 nomor plasma nutfah jagung yang disimpan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetika Pertanian (BB-Biogen), Bogor.

Sorgum (*Sorghum bicolor*) berasal dari wilayah Sungai Niger di Afrika. Domestikasi sorgum dimulai sejak 3.000 tahun sebelum Masehi ke daerah Etiopia dan Mesir (House 1985). Saat ini 80% area penanaman sorgum berada di wilayah Afrika dan Asia walaupun produksi sorgum di dunia masih didominasi oleh Amerika Serikat, India, Nigeria, China, Mexico, Sudan, dan Argentina (ICRISAT/FAO 1996). Di Indonesia, selain merupakan sumber karbohidrat untuk pangan, sorgum juga digunakan untuk pakan ternak. Selain itu, sorgum juga dimanfaatkan sebagai beras sorgum sebagai pengganti nasi, bubur, dan bahan baku makanan lainnya, sementara tepung sorgum digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan kue, biskuit, roti, mi, dan juga sebagai bahan pembuat lem dan bir. Daunnya dapat digunakan sebagai pakan ternak, sedangkan batangnya digunakan sebagai bahan pembuat sirop. Jumlah koleksi plasma nutfah sorgum di BB-Biogen saat ini adalah sebanyak 226 nomor aksesi.

Sagu merupakan tanaman asli Indonesia yang banyak tumbuh di daerah yang ter-

genang air secara permanen maupun tidak, namun memiliki suplai air yang cukup (Flach 1997). Adapun tanah yang cocok untuk pertumbuhan sagu adalah tanah liat kuning cokelat atau hitam dengan kadar bahan organis tinggi dan bereaksi sedikit asam. Jenis ini tersebar di seluruh Asia Tenggara. Di Indonesia, sagu juga tumbuh tersebar di Aceh, Tapanuli, Sumatra Timur, Sumatra Barat, Riau, Kalimantan Barat, Jawa Barat, Bali, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Maluku, Papua, dan Papua Barat.

Di beberapa daerah seperti Maluku, Papua, Papua Barat, Sumatra, Kalimantan, dan Sulawesi, sagu digunakan terutama untuk bahan makanan pokok. Tingginya kandungan karbohidrat yang mencapai 81–88% menjadikan penggunaan sagu masih terbatas pada bahan makanan pokok atau bahan makanan pokok tambahan. Namun, akhir-akhir ini sagu sudah digunakan sebagai bahan dasar industri, seperti gula cair atau dalam bentuk glukosa dan fruktosa untuk digunakan dalam berbagai industri kembang gula, pengalengan buah, jeli, dan industri minuman sebagai pengganti gula sukrosa. Tepung sagu juga dipakai dalam industri sebagai bahan biskuit, mi, roti, kerupuk, dan sebagainya. Di samping itu, tepung sagu juga baik digunakan sebagai pakan ternak ayam, bebek, itik, babi, domba, dan hewan ternak. Tepung sagu dengan kadar serat 5% dapat digunakan sebagai pakan babi dan ayam, sedangkan kadar serat lebih dari 12% hanya baik untuk hewan ternak ruminansia. Pemakaian tepung sagu sebagai bahan pengisi (ekstender) perekat dapat digunakan karena sagu memiliki 80% karbohidrat dan 73% amilopektin. Pemakaian tepung sagu sebanyak 10% sebagai ekstender perekat masih memenuhi Standar Industri Indonesia (SII) dan tidak berbeda dengan pemakaian terigu sebanyak 20%. Sagu juga dapat digunakan sebagai bahan baku industri alkohol karena kandungan karbohidratnya yang tinggi (Harsanto 1986). Secara teori, satu ton karbohidrat dapat menghasilkan 715,19 liter alkohol (Baker 1980).

Dalam pengenalan sagu, masyarakat mengenal sagu dengan melihat bentuk duri, anatomi buah, bentuk mahkota, dan warna karbohidrat. Secara taksonomi, ada 9 jenis sagu yang terbagi dalam 2 kelompok, yaitu *Eumetroxylon* yang memiliki buah dan ditupi oleh 18 baris selaput tipis yang tegak dan kelompok *Coeloccocus* yang memiliki 24–29 baris selaput tipis yang tegak. Selain itu, sagu juga dibagi berdasarkan cara berbunganya, yaitu hapaksantik yang berbunga sekali langsung mati atau pleonantik yang berbunga dua kali.

Koleksi plasma nutfah sagu telah dilakukan di daerah Sentani, Irian Jaya, yang menghasilkan 20 jenis (Novarianto *et al.* 1996) dan 4 jenis lain di Seram Barat dan Maluku (Miftahorrachman *et al.* 1996). Dari hasil analisis keragaman genetika, sagu terbagi dalam 3 kelompok: kelompok 1 adalah tipe sagu rondo; kelompok kedua terbagi ke dalam 3 tipe sagu, yaitu phara, ebesung, dan ruruna; kelompok 3 terbagi ke dalam 3 tipe sagu, mulai dari hobolo, manno, follo, fikhela, osoghulu, phane, yakhali, yagholobe, yoghuleng, hilli, yebha, phui, dan wanni. Pembagian tipe sagu ini didasarkan pada empulurnya dan kerapatan serta arah duri.

Selain sumber karbohidrat yang telah disebutkan, beberapa kelompok masyarakat di Indonesia juga menggunakan ubi kayu, ubi jalar, talas, sebagai bahan baku karbohidrat utama seperti penduduk di Papua dan Papua Barat. Di Jawa, penggunaan tepung diperoleh dari ubi kayu yang disebut sebagai *Modified Cassafa Flour* (Mocaf) untuk mengganti sebagian penggunaan tepung gandum dalam pembuatan roti dan mi. Upaya ini membuahkan hasil dengan meningkatnya pengusaha kecil dan menengah di Jawa Timur yang memproduksi Mocaf. Ubi kayu juga merupakan sumber energi yang tinggi dibanding padi, jagung, ubi jalar, dan sorgum, namun ubi kayu dan daunnya juga bisa digunakan sebagai pakan ternak terutama, yang mempunyai kadar HCN kurang dari 50 ppm. Untuk bahan baku industri, biasanya digunakan ubi kayu yang berkadar HCN tinggi.

Ubi jalar memiliki kandungan karbohidrat tinggi dengan kadar glisemik rendah dan sumber vitamin A serta sumber antioksidan yang berkualitas tinggi pada bagian akar umbi dan daun (Yoshinaga *et al.* 1999, Ishida *et al.* 2000, Yoshimoto *et al.* 2002, Suda *et al.* 2003, Adewolu 2008, Fu *et al.* 2008, Islam *et al.* 2009, Jung *et al.* 2011). Ubi jalar juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri, pakan ternak, dan bahan bioetanol. Daun ubi jalar mempunyai kandungan karbohidrat ren-

dah, tetapi mempunyai kandungan protein tinggi (mencapai 29%) dan vitamin sehingga dapat dijadikan sumber pakan ternak yang dapat meningkatkan kualitas daging (Ruiz *et al*. 1981, Adewolu 2008, Peters 2008, Abonyi *et al*. 2012). Di Pegunungan Papua, penduduk umumnya menggunakan ubi jalar sebagai sumber karbohidrat utama. Ubi ini pun mencapai ranking ke-tujuh sebagai bahan pangan dunia dengan produksi 115 ton, dan juga menduduki ranking ketiga setelah kentang dan ubi kayu. Keanekaragaman ubi jalar di Indonesia sangatlah tinggi, beragam pada daun yang berbentuk hati, bercangap atau bulat, warna ubi yang berwarna putih, jingga dan ungu, baik kulit luarnya maupun daging ubinya.

Menurut Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kemenristek, diperkirakan terdapat sekitar 1.000 kultivar ubi jalar di dunia, namun baru 142 kultivar yang teridentifikasi. Schneider *et al.* (1993) mencatat 224 kultivar ubi jalar di Lembah Baliem dan Wissel, sedangkan di Anggi tercatat 60 kultivar. Walaupun ubi jalar bukan tanaman asli Indonesia, Yen (1991) menduga bahwa Indonesia merupakan salah satu wilayah pusat keragaman genetik ubi jalar kedua di dunia setelah Amerika Selatan.

Kultivar lokal yang menyebar dan ditanam masyarakat merupakan indikator yang menunjukkan adanya keragaman genetika yang luas (Chandria *et al.* 2009, Chandria & Karuniawan 2010a, Rahmannisa *et al.* 2011a, Waluyo & Karuniawan 2011). Menurut Prihatma (2000), Indonesia merupakan penghasil ubi jalar keempat (1.945.350 t) setelah China, Nigeria, Urganda, serta berperan sebagai negara pengekspor kelima (9.269,2 t) setelah Amerika, China, Republik Dominika, dan Israel.

Di Jawa Barat, dikenal 200 nomor kerabat liar ubi jalar dan 100 kultivar ubi jalar budi daya. Koleksi plasma nutfah ubi jalar ini, selain dilakukan di Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Ubi-ubian (Balitkabi), juga dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Unpad di Ciparanje, Bandung. Di Sumedang, dijumpai salah satu kultivar ubi jalar yang khas, yaitu Cilembu yang mempunyai rasa sangat manis dan berdaging lembut. Saat ini, di Indonesia terdapat 8 kultivar yang menjadi unggulan nasional, yaitu Boko, Borobudur, Cangkuang, Kalasan, Kidal, Prambanan, Sari, dan Sewu. Selain itu, dikenal 6 klon unggulan hasil Balitkabi, 9 kultivar dari Banten, 18 kultivar Jawa Barat, 7 kultivar dari Bali, 10 kultivar dari Nusa Tenggara Timur, 6 kultivar dari Jawa Tengah, 1 kultivar dari Sumatra Utara, 7 kultivar dari Sumatra barat, 3 kultivar dari Sumatra, 2 kultivar dari Kalimantan, 1 kultivar dari Manokwari, dan 6 kultivar dari Wamena. Selain ubinya, daunnya juga dipakai sebagai sayuran.

Di Korea, daun dan tangkai daun dimanfaatkan sebagai makanan sehat. Di Jepang, ubi jalar juga dimanfaatkan untuk membuat jus, mi, dan juga makanan kecil karena mengandung nutrisi yang tinggi, vitamin A, C, dan K serta zat besi. Kultivar ubi jalar Indonesia yang masih ditanam di berbagai daerah antara lain Lampeneng, Sawo, Cilembu, Rambo, SQ 27, Jahe, Kleneng, Gedang, Tumpuk, Georgia, Laying-Layang, Karya, Daya, Borobudur, Prambanan, Mendut, dan Kalasan. Varietas unggul ubi jalar yang dianjurkan adalah Daya, Prambanan, Borobudur, Mendut, dan Kalasan. Kultivar yang sudah pernah dilepas oleh Kementerian Pertanian ada 25 kultivar sejak tahun 1977–2009. Kultivar yang diajukan untuk dilepas dari Universitas Padjadjaran adalah AWACHY1, AWACHY2, AWACHY3, AWACHY4, dan AWACHY5 yang penelitiannya dilakukan antara tahun 2009–2010. BB-Biogen mempunyai plasma nutfah ubi jalar sebanyak 1.332 aksesi.

Selain jenis-jenis tersebut, talas juga merupakan salah satu bahan pangan utama bagi beberapa suku di Indonesia, terutama di Papua. Talas merupakan plasma nutfah penting karena merupakan salah satu jenis umbi-umbian asli Indonesia dan sudah teruji serta terbukti mampu beradaptasi dengan baik. Talas juga merupakan penghasil karbohidrat yang cukup tinggi, mencapai 13–29%. Selain itu, kandungan protein dan vitaminnya tidak kalah dibandingkan ubi jalar dan ubi kayu. Daerah yang mempunyai talas cukup terkenal antara lain Sumedang, Bogor, Malang (Jawa Timur), Mentawai (Sumatra Barat), dan Papua.

Secara umum dikenal 2 varietas talas, yaitu talas biasa (*Colocasia esculenta* var. *esculenta*) di daerah tropik dan talas jepang-

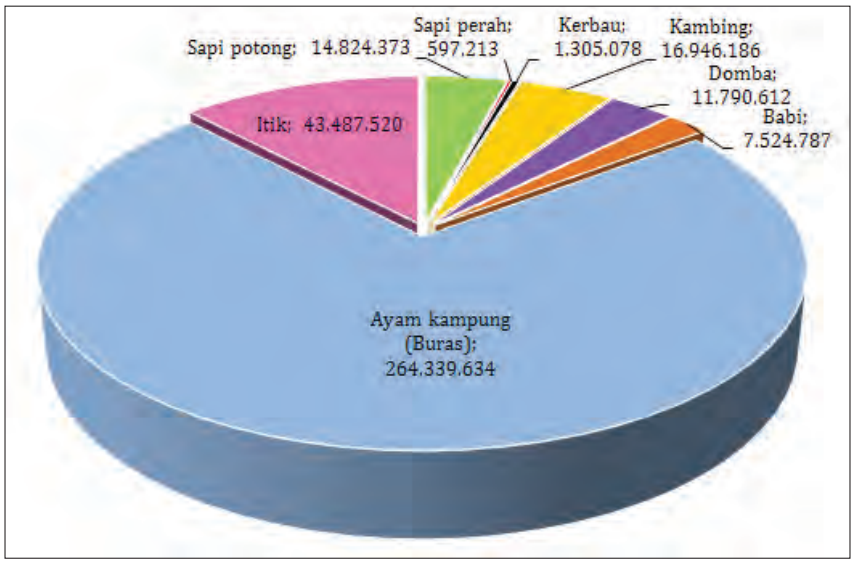
satoimo (*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*) di daerah subtropik. Kultivarnya pun beragam, mulai dari yang dikonsumsi sebagai sumber karbohidrat, sebagai bahan pelengkap sayur, sampai digunakan untuk obat herbal. Berdasarkan hasil seleksi LIPI, diketahui bahwa terdapat 20 kultivar yang dianggap potensial, salah satu di antaranya adalah talas kaliurang yang dinilai paling unggul dibandingkan 19 kultivar lainnya. Pusat Studi Ubi-Ubian Universitas Negeri Papua, Manokwari berhasil mengumpulkan 800 talas di kebun percobaan mereka. Dari hasil seleksi umbi-umbian tersebut, diperoleh kultivar UC031 yang mempunyai daya tahan melebihi talas jawa.

Dengan demikian, diperkirakan terdapat lebih dari 500 kultivar talas di Indonesia. Selain talas, dikenal juga adanya talas kimpul atau belitung yang berasal dari jenis *Xanthosoma sagittifolium*. Umbi kimpul mampu menghasilkan umbi dalam jumlah banyak, berbeda dengan talas yang menghasilkan satu umbi per tanaman. Umbi kimpul agak berlendir setelah direbus, rasanya tidak seenak umbi talas. Umbi dan daunnya mengandung karbohidrat, protein, dan sedikit lemak. BB-Biogen mempunyai talas 232 nomor dan 58 nomor talas belitung.

Sumber protein hewani yang diperoleh masyarakat berasal dari ayam, sapi, kerbau, kambing, domba, itik, kelinci, babi, dan ikan. Sering kali, penduduk yang tinggal di dekat hutan juga memanfaatkan hewan liar, seperti anoa, rusa, babi hutan, dan kura-kura sebagai bahan protein hewani. Berdasarkan buku statistik peternakan dan kesehatan hewan 2012, populasi ternak di Indonesia disajikan pada Gambar 97.

Ternak sapi potong di Indonesia berasal dari 3 jenis sapi, yaitu *Bos indicus*, *B. taurus*, dan *B. javanicus*. Dalam perkembangannya, sapi potong di Indonesia merupakan hasil dari beberapa silangan. Dari jenis *Bos indicus* dikenal 4 macam sapi, yaitu sapi madura, sapi aceh, sapi ongole, dan sapi pesisir. Sapi perah adalah sapi friesian holstein yang termasuk dalam jenis *Bos taurus*. Selain itu, juga ada sapi jersey yang juga merupakan jenis *B. taurus*.

Pada tahun 1950-an sampai 1970-an, Indonesia merupakan negara yang mampu mengekspor sapi potong ke Singapura dan Hongkong. Sapi yang diekspor adalah sapi bali atau sapi lokal lainnya dalam kondisi hidup dengan bobot badan cukup bagus. Namun, sejak tahun 1990-an, Indonesia justru menjadi importir sapi. Hal ini disebabkan oleh rendahnya tingkat kebutuhan daging sapi di Indonesia pada tahun 1970-an sehingga Indonesia dapat mencukupi kebutuhan pasar domestik dan bahkan mampu mengekpor. Dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia dan perkembangan ekonomi, permintaan daging sapi terus meningkat. Namun, hal ini tidak diimbangi dengan peningkatan produksi daging di dalam negeri yang memadai. Menurut Quirke *et al.* (2003), pada tahun 2020 ketergantungan Indonesia mengimpor daging dapat mencapai 70%. Hal ini terjadi karena kecenderungan permintaan daging yang terus meningkat, dan diperki-



Gambar 97. Populasi ternak di Indonesia

rakan pada tahun 2020 permintaan akan melonjak tiga kali lipat dibanding rata-rata konsumsi tahun 2000.

Sumber protein hewani yang lain adalah kerbau. Di Indonesia, kerbau sebagian besar merupakan hasil domestikasi. Terdapat 2 kerbau domestikasi, yaitu kerbau sungai dan kerbau rawa atau kerbau lumpur. Kerbau kalang dari Kalimantan dan kerbau belang dari Toraja merupakan keturunan dua kerbau domestikasi tersebut dan termasuk kerbau rawa, sedangkan kerbau liar adalah anoa pegunungan (*B. quarlesi*) dan anoa lahan pamah (*B. depressicornis*).

Kambing merupakan sumber protein hewani yang menjadi salah satu andalan sumber pangan di Indonesia. Rumpun kambing yang dimanfaatkan meliputi kambing kacang, kambing kttawa, kambing kembrong, dan kambing kosta. Daging kambing dimanfaatkan sebagai sumber protein dan akhir-akhir ini susu kambing ettawa mulai diperjualbelikan dalam kemasan susu olahan.

Selain kambing, domba juga merupakan salah satu sumber protein hewani. Di Indonesia dikenal dua jenis domba, yakni domba ekor tipis (DET) dan domba ekor gemuk (DEG) yang umum dimanfaatkan sebagai penghasil daging. Di Garut, Jawa Barat, domba sering dilombakan dan dijadikan hewan adu ketangkasan sebagai bagian bentuk kesenian/budaya masyarakat. Bahkan, domba juga memiliki hasil sampingan berupa bahan baku jaket kulit, sepatu, tas, dan aksesori lainnya.

Sumber protein hewani yang lain adalah babi. Di Indonesia, telah tercatat 7 jenis babi dengan daerah persebaran berbeda-beda. Babi yang dikembangkan di Indonesia sebagai penghasil daging adalah babi impor, seperti babi rumpun *landrace, large white, duroc,* dan *berkshire* yang berasal dari *Sus scrofa*, sedangkan babi di Indonesia adalah babi bali, babi nias, babi tangerang, babi jambi, babi hutan, babi batak, babi sulawesi, dan babi rusa.

Ayam juga merupakan salah satu sumber protein hewani di Indonesia yang lebih umum dipelihara dan diternakkan masyarakat. Ayam hutan merah (*Gallus gallus*) merupakan ayam lokal khas Indonesia yang terdiri atas 31 rumpun. Hasil domestikasi ayam lokal Indonesia disebut ayam buras atau ayam bukan ras. Pemeliharaan ayam di Indonesia tidak terbatas pada ayam pedaging dan petelur saja, tetapi juga pemenuhan kesenangan karena ada unsur keindahan, baik dalam hal warna (ayam kalas, ayam mutiara) maupun suaranya (ayam pelung, ayam bekisar, ayam gaok). Bahkan ada beberapa jenis yang terkait dengan unsur budaya masyarakat, seperti ayam untuk persembahan dalam upacara adat, misalnya ayam cemani, ayam kedu hitam, ayam kedu putih, dan ayam aduan bali. Sementara itu, terdapat pula ayam asli Indonesia yang juga khas, misalnya ayam nunukan, bangkok, pelung, nagrak, sentul, merawang, merawas, kedu, cemani, kokok-balenggek, tukong, kate, sumatra, yungkilok gadang, ratiah, batu, kampung ciparage, banten, wareng, bali, dan olaki. Bagi Indonesia yang sebagian besar kawasannya berupa perairan, baik darat maupun laut, ikan sangat penting sebagai sumber pangan utama. Ikan laut merupakan sumber protein utama bagi penduduk sekitar pantai, demikian juga ikan air tawar yang merupakan sumber protein utama bagi penduduk sekitar sungai atau kolam. Menurut Badan Pangan PBB, kebutuhan ikan air tawar di dunia pada tahun 2021 akan mencapai 172 juta ton per tahun.

Tingginya kebutuhan dari sektor perikanan laut ini jika tidak diikuti dengan pengaturan yang ketat dapat menyebabkan penangkapan yang berlebihan. Di sisi lain, terdapat sumber perolehan yang terdapat di perairan darat.

Data tahun 2011 memperlihatkan kebutuhan konsumsi ikan yang orang di Indonesia hanya mencapai 31,5 kg/orang/tahun, lebih rendah dibanding Malaysia dengan jumlah 55,4 kg/orang/tahun. Perlu diketahui, ikan sebagai sumber protein hewani lebih baik ketimbang sumber protein lainnya karena daging ikan mengandung asam lemak bebas omega-3 yang penting untuk perkembangan dan kecerdasan anak-anak. Omega-3 juga sangat bermanfaat untuk menekan kolesterol dalam darah.

Meningkatnya pertumbuhan perekonomian Indonesia mendorong kesadaran masyarakat untuk mengonsumsi ikan. Saat ini, produksi perikanan nasional mencapai 12,39 juta ton yang berasal dari produksi ikan tangkap sebanyak 5,41 juta ton dan produksi ikan budi daya 6,98 juta ton. Dari

jumlah tersebut, ikan kolam menyumbang 1,1 juta ton, sedangkan sisanya merupakan budi daya tambak air payau, keramba, dan jaring apung. Jenis-jenis ikan yang banyak dikonsumsi adalah ikan mas, ikan lele, ikan patin, ikan nila, dan ikan gurami. Di Indonesia bagian barat serta Sulawesi, diperkirakan ada sekitar 900 jenis ikan air tawar, 25 jenis di antaranya merupakan ikan yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Maskur 2002).

Untuk mencegah hilangnya sumber daya ikan, telah dilakukan pelestarian ikan secara *ex situ* yang dilakukan di BBAT Jambi. Jenis ikan yang dilestarikan di antaranya adalah ikan betook, tambakan, sepat siam, semah, labi-labi, kapiat, dan tilan. Di samping itu, dilakukan juga domestikasi ikan arwana yang termasuk ikan langka dan diminati oleh masyarakat sebagai ikan hias serta upaya produksi benih dengan skala massal, misalnya ikan patin jambal, dan ikan baung yang mempunyai harga lebih tinggi.

Sumber protein selain diperoleh dari hewan juga dapat diperoleh dari tumbuhan walaupun dari segi kualitas protein hewani lebih tinggi dibanding protein nabati. Sumber protein nabati dari kacang-kacangan di antaranya adalah kacang tanah, kedelai, kacang hijau, kacang panjang, kecipir, dan buncis. Sumber protein nabati biasa digunakan sebagai sumber pangan cadangan dan akan diuraikan lebih detail di subbab berikutnya.

6.1.2 Sumber Pangan Sekunder

Keunikan sumber pangan di Indonesia terletak pada keberagaman yang tercermin dalam kebhinekaan suku-suku bangsanya. Tiap kelompok suku memiliki kekhasan pengetahuan sumber daya pangan ini. Itulah sebabnya, di Indonesia sering kali sulit membedakan sumber pangan primer/pangan pokok dengan sumber bahan pangan sekunder/cadangan. Sebagai contoh, sumber pangan seperti beras, jagung, sagu, gewang, singkong, ubi jalar, talas, uwi, dan pisang merupakan sumber pangan primer bagi beberapa kelompok suku. Di tempat lain, sumber pangan tersebut mungkin hanya merupakan pangan cadangan untuk musim-musim tertentu, misalnya musim paceklik atau bahkan hanya sebagai sumber pangan tambahan.

Di luar pangan utama atau primer, Indonesia juga kaya akan jenis-jenis tumbuhan yang bermanfaat sebagai sumber protein (kacang-kacangan), vitamin, dan mineral (buah dan sayuran) serta bahan baku bumbu-bumbuan. Menurut catatan Zeven dan Zhukovsky (1967), Indonesia bersama dengan negara-negara di kawasan Indo-China merupakan daerah yang kaya akan kerabat jenis-jenis tumbuhan liar dengan potensi sebagai pangan primer maupun sekunder. Area tersebut dikenal sebagai pusat-pusat Vavilov.

Walujo (2011) mengetengahkan secara rinci bahwa pusat Vavilov ini kaya akan jenis tumbuhan buah, keluarga jahe, pisang, tebu, padi dan beberapa jenis kacang, seperti kara pedang (*Canavalia gladiata*), benguk (*Mucuna cochinchinensis*), kecipir (*Psopocarpus tetragonolobus*), dan petai (*Parkia spesiosa*). Selain itu, Thrupp (1998) juga menambahkan bambu, kelapa, dan beberapa jenis umbi (uwi-gembili, dan talas-talasan). Selanjutnya, Li (1970) melalui studi botani, etnobotani, dan fitogeografi, menambahkan bahwa Indonesia juga kaya akan buah-buahan, seperti manggis (*Garcinia mangostana*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), durian (*Durio zibethinus*), dan jeruk nipis (*Citrus aurantica*).

Sementara itu, masih banyak lagi jenis buahan-buahan lokal lain, seperti salak, mangga, kepel, dan belimbing. Sebagai contoh, dari 27 jenis durian yang ada di Sumatra, Kalimantan, dan Malaysia, 19 jenis di antaranya ditemukan di Kalimantan dan baru 6 jenis saja yang diketahui berpotensi sebagai buah meja. Tanaman buah asli Indonesia lainnya adalah duku (*Lansium domesticum*). Jenis ini memiliki 3 forma, yaitu duku (*L. domesticum* var. *duku*), lansat (*L. domesticum* var. *domesticum*), dan kokosan (*L. domesticum* var. *aquaeum*). Beberapa varietas yang umum diperdagangkan adalah duku komering, metesih, condet, dan kalikajar.

Sementara itu, dari hasil eksplorasi yang dilakukan para peneliti Herbarium Bogoriense, Pusat Penelitian Biologi-LIPI ke berbagai kawasan hutan di seluruh Indonesia, di antaranya ke Taman Nasional Bogani Nani Wartabone (Uji 2001), ditemukan 40 jenis buah-buahan hutan yang bernilai ekonomi bagi masyarakat di sekitarnya. Dari jumlah tersebut, 5 jenis termasuk tumbuhan langka

(*Citrus macroptera, Cynometra cauliflora, Dillenia celebica, Macadamia hildebrandii*, dan *Nephelium ramboutan-ake*) dan 3 jenis tumbuhan endemik (*Dillenia celebica, D. serrata, Macadamia hildebrandii*). Sementara itu, Purwaningsih *et al.* (2001) yang melakukan eksplorasi di hutan Riam Durian, Kotawaringin, Kalimantan Tengah, mencatat sebanyak 26 jenis pohon ditemukan di hutan gambut, 18 jenis di bekas hutan yang terbakar, dan 27 jenis ditemukan di hutan sekunder tua yang berpotensi sebagai sumber buah-buahan. Jenis-jenis tersebut adalah *Artocarpus kemando, Garcinia dioica, Baccaurea mino, Artocarpus anisophyllus, Sarcotheca diversifolia,* dan *Nephelium unicatum.*

Kacang-kacangan juga menjadi primadona sumber pangan sekunder. Kecipir (*Psopocarpus tetragonolobus*) telah lama menjadi perhatian dunia karena bijinya diduga mempunyai potensi yang besar untuk menggantikan kedelai. Jenis ini memiliki kultivar yang cukup banyak. Setiap kultivar dibedakan berdasarkan bentuk buahnya dan masing-masing memiliki nama daerah yang berbeda-beda.

Di Indonesia, tanaman kecipir memiliki keanekaragaman yang tinggi, terutama di daerah Papua dari hasil eksplorasi dan koleksi jenis-jenis kecipir yang dilakukan oleh Khan (1976) ditemukan 121 lini murni dalam koleksi plasma nutfah kecipir tersebut. Di Wamena, Papua, teridentifikasi beberapa kultivar *wenale puna* yang dicirikan oleh renda pada pinggiran buahnya yang bergelombang; *wenale namok* dicirikan oleh renda pada pinggiran buah yang belekuk tajam, berwarna hijau muda sedangkan bagian tengahnya berwarna kuning pucat, bersirip hijau muda; *wenale membu* memiliki renda yang berlekuk sedang, berwarna ungu tua; *wenale huputna* memiliki renda berlekuk tajam, berwarna hijau muda; *wenale mewa* memiliki renda berlekuk tajam dan berwarna ungu tua (Walujo 1994). Besar kemungkinan Papua dan Papua Nugini adalah pusat keanekaragaman kecipir.

Selain kecipir, kacang-kacangan potensial lainnya adalah kacang tunggak (*Vigna unguiculata*). Sedikitnya terdapat 10 varietas kacang tunggak yang pada umumnya mengandung vitamin B. Bijinya mengandung riboflavin, niacin, dan *thiamine*. Kara benguk (*Mucuna pruriens*) dikenal sebagai cadangan makanan pada musim paceklik, terutama di daerah Jawa bagian selatan (Ogun modede & Oyenuga 1969). Bijinya mengandung 6 macam alkaloid, yaitu *mucunadine, mucunadinine, mucunadininene, prurienidine, prurieninine,* dan *nicotine*. Sebagai pangan alternatif, bijinya dapat dibuat tempe. Menurut Ganjar & Slamet (1974), setelah difermentasi dengan menggunakan *Rhizopus arrhizus*, biji kara benguk ini dapat berubah menjadi tempe dengan komposisi kimia, sebagai berikut:

MANFAAT TUMBUHAN PAKU-PAKUAN

Foto: Wardani, 2005
Paku tiang (*Cyathea contaminans*)

Paku-pakuan dan kerabatnya (likofita) merupakan tumbuhan berpembuluh tak berbiji yang berkembang biak dengan spora. Kelompok tumbuhan ini memiliki dua daur hidup, yakni fase gametofit yang memproduksi gamet dan fase sporofit yang menghasilkan spora. Variasi morfologi pada fase sporofit menjadikan tumbuhan paku beraneka ragam. Beberapa jenis telah dimanfaatkan dalam kehidupan manusia, baik untuk pangan, obat-obatan, tanaman hias, maupun manfaat lainnya. Beberapa jenis marga *Diplazium*, seperti *Stenochlaena palustris* dan *Pleocnemia irregularis*, dijual di pasar-pasar lokal sebagai sayuran. *Cibotium barometz* dikenal banyak digunakan dalam obat tradisional China sehingga telah diperdagangkan secara internasional dan termasuk dalam Apendiks II CITES. Demikian pula *Cyathea contaminans* yang akar adventifnya digunakan sebagai media tanam-tanaman hias dan bahan kerajinan atau dekorasi yang diperjualbelikan secara lintas negara sehingga diatur dengan regulasi CITES. Berbagai jenis marga *Adiantum*, *Asplenium*, *Platycerium*, *Nephrolepis*, *Microsorum*, dan banyak lainnya merupakan tanaman hias komersial. Paku homospora *Azolla pinata* dikenal bermanfaat di persawahan sebagai penambah kesuburan tanah karena dapat menghasilkan nitrogen. Masih banyak jenis paku-pakuan lain di tanah air yang berpotensi untuk dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

kadar air 61%, abu 1%, lemak 3%, protein 14%, karbohidrat 20,9%, serat kasar 2%, Ca 185 mg%, P 136 mg%, dan Fe 1 mg%.

Sayuran merupakan tanaman yang dikonsumsi sebagai makanan tambahan untuk membuat menu makanan pokok lebih enak. Berdasarkan sumber perolehannya, tanaman sayuran dapat dipanen langsung dari alam atau yang telah dibudidayakan. Tidak kurang dari 850 jenis tersebar di daerah tropik, dan 800 di antaranya dikumpulkan dari jenis liar yang sesekali dimanfaatkan sebagai sayuran (Siemonsma & Piluek 1993). Dari total jenis tersebut, hanya 500 terdapat di kawasan Asia Tenggara dan 300 jenis di antaranya masih dipanen dari alam. Seperti kebanyakan sumber daya tumbuhan, sayuran merupakan tanaman serbaguna yang kaya akan serat serta fitonutrien penting, seperti karotenoid, vitamin C, K, dan asam folat.

Sampai saat ini, koleksi plasma nutfah sumber pangan cadangan di bank gen milik BB-Biogen meliputi kedelai 993 nomor, kacang tanah 854 nomor, kacang hijau 1.025 nomor, dan kacang tunggak 230 nomor.

Pada umumnya, penduduk Indonesia masih mengandalkan tumbuh-tumbuhan dalam memenuhi kebutuhan pangan. Padahal, jika dibandingkan dengan sumber protein nabati, sumber protein hewani memiliki kualitas yang lebih tinggi. Sayangnya, penyediaan protein hewani belum sepenuhnya dapat dipenuhi. Meskipun tersedia, acapkali harganya juga belum terjangkau oleh masyarakat luas. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya jenis binatang yang dibudidayakan.

Selain dari jenis hewan yang sudah dibudidayakan, sumber protein hewani di Indonesia juga bersumber dari berbagai jenis hewan liar yang lazim dikonsumsi masyarakat, tetapi belum secara intensif ditangani model budi dayanya. Hewan liar dari kelompok mamalia dan beberapa jenis ikan terdomestikasi menyediakan peluang untuk dikembangkan. Untuk jenis rusa tropika, yang paling luas pengembangannya adalah dari jenis rusa asli Indonesia, yaitu rusa timor (*Cervus timorensis*) dan rusa sambar (*Cervus unicolor*). Sementara itu, di kawasan perairan air tawar, Indonesia menjadi habitat bagi setidaknya 2.000 jenis ikan. Setengah dari jenis ikan liar ini sangat potensial untuk dikembangkan sebagai ikan konsumsi.

Sumber pangan sekunder merupakan sumber pangan di luar pangan utama, seperti sayuran, buah-buahan, dan beberapa sumber pangan karbohidrat. Sayuran adalah bagian tanaman yang mengandung zat-zat esensial bernilai gizi yang penting untuk mendukung kehidupan manusia. Tanaman sayuran utama yang dimanfaatkan masyarakat Indonesia adalah tanaman protein nabati, seperti kacang-kacangan. Kacang-kacangan yang banyak dimanfaatkan untuk sayur adalah kacang panjang, buncis, dan kecipir, sedangkan kedelai dan kacang tanah banyak dimanfaatkan untuk pembuatan tahu, tempe, dan oncom. Selain itu, kedelai juga digunakan sebagai bahan baku kecap, susu, dan taoco. Kacang tanah juga dipakai sebagai bahan baku bumbu dalam masakan seperti bumbu pecel, kadang-kadang digunakan juga dalam pembuatan sayur asam. Tomat umumnya dipakai sebagai bumbu dapur walaupun terkadang digunakan sebagai pengganti asam bila digunakan tomat hijau.

Pemanfaatan pangan cadangan didominasi buah-buahan, baik buah asli maupun buah impor. Berbagai buah di Indonesia banyak dimanfaatkan sebagai buah meja atau bahan olahan, antara lain pisang, mangga, jeruk, duku, durian, jambu air, jambu biji, kesemek, manggis, nangka, bisbul, rambutan, salak, sawo, sirsak, dan srikaya, sedangkan timun suri, blewah, dan erbis sering dipakai sebagai campuran dalam es buah. Buah-buahan Indonesia umumnya mengandung karbohidrat, kalsium, fosfor, besi, vitamin C, vitamin A, dan Air.

Ubi-ubian lain yang dimanfaatkan, baik sebagai pangan lokal maupun ketika terjadi paceklik, adalah gembili gembolo, gadung, aren, ganyong, dan uwi. Uwi (*Dioscorea alata*) diduga berasal dari Indo-China yang tumbuh tersebar luas dan liar. Uwi yang dikenal adalah uwi ketan yang memiliki umbi manis dan mengandung perekat seperti ketan. Umbi bervariasi, ada yang kuning, putih, dan ungu. Jenis yang ditanam oleh masyarakat yang biasanya tidak berduri. Umbi yang tumbuh liar berduri adalah gembili gembolo yang termasuk salah satu jenis *Dioscorea* yang mempunyai dua macam umbi. Umbi yang tumbuh di dalam tanah berambut akar banyak, namun ada juga umbi yang keluar melalui batang berkulit halus. Umbi tanah biasanya terasa pahit, sedangkan umbi batang

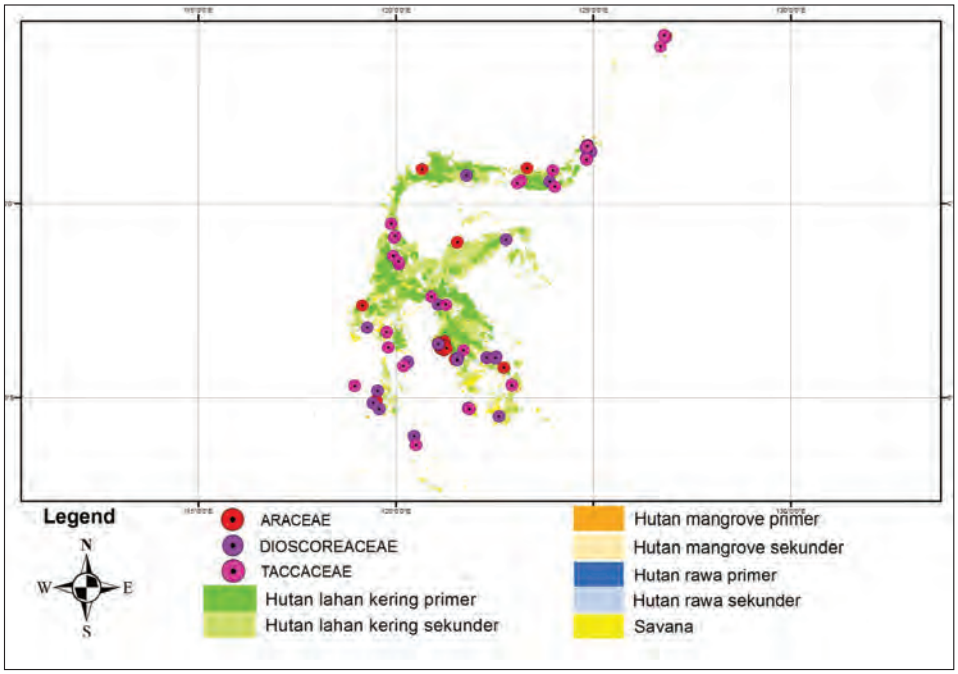
ANGGREK SEBAGAI *BIORESOURCES* INDONESIA YANG BELUM DIKEMBANGKAN

Anggrek umumnya dimanfaatkan sebagai tanaman hias, contohnya jenis-jenis *Dendrobium*, *Phalaenopsis*, *Paphiopedilum,* dan *Vanda*. Namun, sebenarnya banyak manfaat lain dari anggrek yang belum sepopuler manfaatnya sebagai tanaman hias. Dari penelusuran pustaka tercatat sekita 25 jenis anggrek di Indonesia yang berpotensi sebagai bahan pangan (5 jenis), pengharum makanan (2 jenis), kerajinan (3 jenis), pembungkus makanan (1 jenis), perekat (1 jenis), penyubur rambut (1 jenis), dan obat (12) (Rifai 1975, Heyne 1987).

Anggrek sebagai bahan pangan, di antaranya umbi *Habenaria multipartita* dengan nama daerah Jawa uwi-uwi, dimanfaatkan sebagai makanan oleh orang Dieng, sedangkan umbi *Habenaria rumphii* diolah menjadi manisan oleh orang Maluku. Buah panili sudah dikenal sebagai pengharum makanan, ada 2 jenis, yaitu *Vanilla planifolia* dan *Vanilla abundiflora*, namun jenis kedua tidak seharum jenis pertama, sedangkan getah *Vanilla griffithii* digunakan untuk menyuburkan pertumbuhan rambut. Umbi *Spathoglottis plicata* pun digunakan sebagai *shampoo* pencuci rambut di beberapa suku di Indonesia. Rifai (1975) mengemukakan bahwa penduduk lokal di Sukabumi Selatan memanfaatkan daun muda *Ceratostylis latifolia* sebagai sayur yang disebut dengan nama daerah Ki Pahit, sedangkan orang Maluku memanfaatkan daun muda *Renanthera moluccana* (anggrek merah) yang dicampur dengan garam dan cuka. Anggrek untuk kerajinan antara lain jenis *Diplocaulobium utile* atau dahulu disebut *Dendrobium utile* di Papua Niugini dan Sulawesi dibuat bahan baku untuk noken atau tas dan gelang tangan. Di Jawa Barat, umbi semu *Cymbidium lancifolim* digunakan untuk merekatkan tangkai golok. Anggrek juga dimanfaatkan sebagai obat, antara lain *Apostasia nuda* untuk obat diare dan *Grammatophyllum scriptum* umbi untuk obat radang kuku.

tidak. Umbi lainnya adalah gadung (*Dioscorea hispida*) yang umumnya dimakan masyarakat bila terjadi paceklik. Gadung biasa ditanam di halaman rumah atau di pagar. Gadung mengandung racun sehingga harus diproses dengan cara direndam dalam air mengalir terlebih dahulu agar dapat dimakan. Selain digunakan sebagai pengganti beras, gadung sering dibuat keripik untuk dimakan sebagai makanan antara (*snack*).

Peta persebaran umbi-umbian di P. Sulawesi untuk jenis *Alocasia, Amorphophallus, Dioscorea,* dan *Tacca* berdasarkan ekosistemnya dapat dilihat pada Gambar 98. Semua umbi-umbian di Sulawesi masih mempunyai peluang untuk dapat digunakan sebagai bahan pangan cadangan walaupun penduduk di P. Sangir Talaud sudah menggunakan tepung *Tacca* untuk makanan bayi dan kue, seperti halnya di P. Belitung, Garut Selatan, dan P. Madura.



Sumber: Widjaja & Pratama 2013

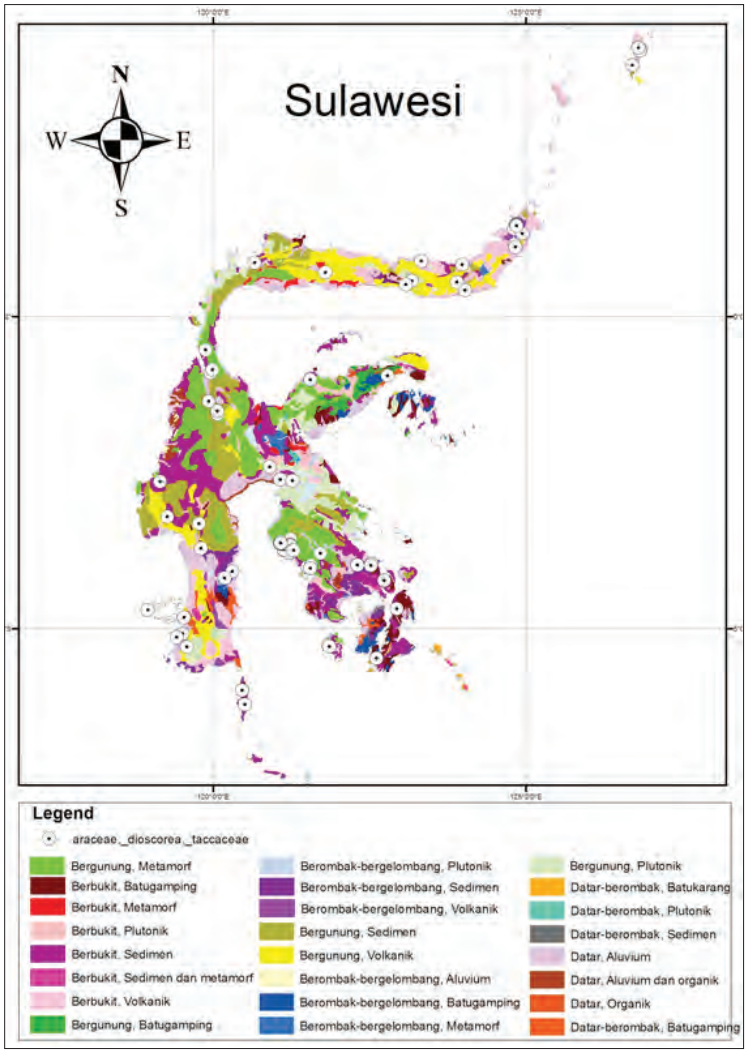
Gambar 98. Peta umbi-umbian di Pulau Sulawesi

Umbi-umbian umumnya lebih menyukai daerah bergunung dengan batuan metamorf dan batuan sedimen serta hanya beberapa umbi yang menyukai area berombak dan bergelombang dengan berbatuan sedimen (Gambar 99).

6.1.3 Peran Mikrob untuk Pengolahan Pangan

Kebanyakan negara berkembang memanfaatkan mikrob untuk meningkatkan sifat dan kualitas pangan yang meliputi daya simpan, rasa, aroma, tekstur, dan nilai gizi makanan. Proses yang melibatkan mikrob beserta enzim yang dihasilkannya dapat membawa perubahan seperti yang diinginkan atau ditargetkan dalam mengubah bahan mentah menjadi produk olahan. Proses ini lebih dikenal sebagai proses fermentasi. Fermentasi juga banyak diterapkan dalam produksi kultur mikrob, enzim, rasa, aroma, makanan tambahan, dan berbagai produk bernilai tambah lainnya. Produk pangan berkualitas melalui teknologi ini semakin banyak diterapkan di Indonesia. Banyak produk-produk bernilai tinggi untuk proses bahan mentah ini juga diimpor oleh banyak negara-negara berkembang untuk digunakan dalam aplikasi pengolahan makanan.

Mikrob yang terkait dengan pengolahan bahan pangan mentah disebut sebagai inokulan yang berfungsi untuk menjamin proses fermentasi spontan. Inokulan yang mengan-dung mikrob yang hidup dengan konsentrasi tinggi disebut sebagai kultur starter atau ragi yang sangat bervariasi dalam kualitas dan kemurnian. Untuk itu, penelitian terkait starter pada proses fermentasi bahan pangan menjadi subjek yang sangat penting. Meskipun demikian, tanpa ditunjang oleh peralatan modern yang memenuhi standar ilmiah maka proses produksi pangan olahan yang sehat sulit tercapai.



Sumber: Widjaja & Pratama 2013

Gambar 99. Pemetaan umbi-umbian berdasarkan jenis batuan

Pemanfaatan mikrob pada pengolahan pangan di Indonesia dilakukan secara tradisional, seperti pada pembuatan gatot, tempe, oncom, tape, dan brem. Produk bahan pangan yang melibatkan mikrob meliputi produk jamur pangan, tepung dan roti, susu dan fermentasi kedelai bentuk padat dan cair, produk fermentasi alkoholik dan asam laktat, protein sel tunggal, karotenoid sel tunggal, dan eksopolisakarida asal mikrob (Tabel 33). Kultur bakteri asam laktat memiliki sejarah yang panjang, khususnya tentang pemanfaatannya dalam preservasi susu dalam bentuk terfermentasi. Susu fermentasi, dengan salah satu produk turunannya berupa yoghurt, dapat dihasilkan dengan menggunakan kultur *Bifidobacterium bifidum* (Khusniati *et al.* 2011).

Eksopolisakarida (EPS) asal mikrob dapat digunakan sebagai bahan imbuhan pangan untuk perbaikan tekstur makanan, se-

lain memiliki fungsi sebagai antioksidan. Dari hasil penapisan dan identifikasi, ditemukan tujuh marga mikrob EPS yang salah satunya berasal dari kelompok *Lactobacillus* spp. (7 galur *Lactobacillus plantarum* dan 2 galur *Lactobacillus fermentum*) (Dinoto *et al.* 2011). Tidak hanya dari bakteri, EPS juga dihasilkan dari *Pleurotus ostreatus* (jamur tiram putih), yaitu salah satu jenis jamur pangan yang sering dikonsumsi di Indonesia. Jamur ini dapat menghasilkan EPS sampai sekitar 0,1 g/l dalam kondisi kultur cair dan dilaporkan memiliki kapasitas antimikrob serta antioksidan (Saskiawan 2009).

Proses pengolahan produk banyak melibatkan reaksi enzimatik. Enzim mikrob sebagai biokatalisator telah digunakan secara luas dan beragam, meliputi enzim amilase, galaktosidase, protease, lipase, kitinase, dan fruktosiltransferase (Tabel 34). Enzim amilase dari tiga jenis mikrob lokal, yaitu kapang *Aspergillus oryzae*, bakteri *Lactobacillus plantarum*, dan khamir *Candida rugosa* dilaporkan dapat menghasilkan minyak kelapa murni (*virgin coconut oil*) dari santan kelapa dengan rendemen 21,0–23,3% (Rahayu *et al.* 2008).

Sejumlah enzim dapat dimanfaatkan untuk sintesis oligosakarida. Enzim mananase telah digunakan untuk memecah glukomanan dari bungkil kelapa sawit dan umbi porang (*Amorphophallus muelleri*) untuk menghasilkan mannooligosakarida. Mannooligosakarida dari glukomanan umbi porang ini menunjukkan potensinya sebagai kandidat prebiotik untuk pangan fungsional dengan cara menstimulasi pertumbuhan bakteri baik di saluran cerna manusia, yakni *Lactobacillus* spp. (Dinoto *et al.* 2013). Produksi maltooligosakarida dengan bahan baku umbi tanaman telah berhasil dilakukan dengan substrat karbohidrat dari kentang hitam (*Coleus tuberosus*) menggunakan enzim amilase *Brachybacterium* sp. (Rahmani *et al.* 2013) dan umbi *Xanthosoma* sp. menggunakan enzim amilase *Bacillus licheniformis* (Dinoto *et al.* 2010). Umbi-umbi lokal lain yang diperkirakan memiliki potensi serupa sebagai bahan baku pangan fungsional oligosakarida menggunakan enzim mikrob.

6.2 Kesehatan

Dalam sepuluh tahun terakhir, kemajuan ilmu pengetahuan—khususnya ilmu pengetahuan yang mempelajari keanekaragaman hayati—sungguh luar biasa. Penemuan demi penemuan terus bermunculan. Penemuan spektakuler terutama di bidang penemuan obat untuk mengobati penyakit-penyakit baru semakin sering diberitakan. Tidak dapat dimungkiri, kita harus menyadari bahwa keanekaragaman hayati, baik flora, fauna, dan sumber daya jasad renik (mikrob) Indonesia menjadi sangat penting artinya sebagai sumber bahan baku obat-obatan untuk dapat mengobati berbagai jenis penyakit baru.

Tabel 33. Jenis Bahan dan Produk Pangan yang Melibatkan Mikrob

Sumber pangan	Mikrob
Jamur pangan	Jamur: *Pleurotus ostreatus, Auricularia auricula, Volvariella volvacea*
Roti	Khamir: *Saccharomyces cerevisiae*
Tepung fermentasi	Bakteri: *Lactobacillus* sp.
Susu fermentasi	Bakteri: *Lactobacillus bulgaricus, Streptococcus thermophilus, L. plantarum, Bifidobacterium bifidum*
Susu kedelai fermentasi	Bakteri: *Lactobacillus plantarum*
Keju	Kapang: *Penicillium roqueforti, Mucor* sp.
Tempe	Kapang: *Rhizopus oryzae, Rhizopus stolonifer*
Tape ketan	Khamir: *Amylomyces rouxii*
Cuka	Bakteri: *Acetobacter* sp.
Karotenoid sel tunggal	Kapang: *Neurospora sitophila, Phaffia rhodozyma*
Protein sel tunggal	Kapang: *Rhizopus* sp.
Eksopolisakarida	Bakteri: *Lactobacillus plantarum;* Jamur: *Pleurotus ostreatus*
Minyak	Kapang: *Aspergillus oryzae*; Bakteri: *Lactobacillus plantarum*; Khamir: *Candida rugosa*

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Pemerintah dan bangsa Indonesia memiliki komitmen yang tinggi terhadap upaya pemanfaatan tumbuhan obat dan aromatik. Seiring dengan kecenderungan global masyarakat dunia untuk 'kembali ke alam', bangsa Indonesia harus mampu memanfaatkan peluang ini. Selain karena bangsa Indonesia memiliki potensi yang luar biasa akan tumbuhan obat dan kosmetik yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku obat alami serta bahan aktif makanan dan parfum, pengetahuan tentang pemanfaatannya telah dikenal para pengobat tradisional sejak ribuan tahun yang lalu. Menurut Walujo (2013), SDH tumbuhan menjadi semakin menarik ketika mendapat pengakuan masyarakat internasional sebagai bahan baku obat-obatan tradisional (jamu). Melalui lompatan kemajuan dalam bidang ilmu pengetahuan biologi modern (bioteknologi), telah dibuktikan bahwa SDH tumbuhan merupakan pustaka kimia yang sangat potensial dalam upaya pencarian obat-obatan baru. SDH tumbuhan ini juga diidentikkan dengan pustaka gen yang amat dibutuhkan untuk pengembangan industri dan pembaharuan di bidang kesehatan.

Selanjutnya, ditekankan bahwa senyawa dan kandungan biologi pada jamu sebagian besar didasarkan pada pengalaman dan pengamatan. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membuktikan khasiatnya secara ilmiah serta jaminan atas keamanannya. Berbagai kelompok metabolit sekunder dikenal sebagai komponen aktif dalam jamu, termasuk alkaloid, flavonoid, steroid, terpenoid, kumarin, dan lignan yang semuanya memberi kontribusi pada efek terapi sebagai senyawa aktif tunggal atau dalam bentuk ramuan. Dalam perkem-

Tabel 34. Mikrob yang Berperan dalam Proses Enzimatik Bahan Pangan

Enzim	Mikrob	Aplikasi
β-galaktosidase	Bakteri: *Lactobacillus bulgaricus*	Susu rendah laktosa
Kitinase	Kapang: *Aspergillus* sp.	Produksi n-asetil glukosamin
Fruktosiltransferase	Kapang: *Aspergillus oryzae*	Produksi fruktooligosakarida (FOS)
Xilanase	Bakteri: *Bacillus* sp.	Produksi xilooligosakarida (XOS)
Mannanase	Bakteri: *Saccharopolyspora flava*	Produksi manooligosakarida
Amilase	Bakteri: *Bacillus* sp.	Produksi maltodekstrin

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

MANFAAT LUMUT

Lumut diketahui mempunyai berbagai manfaat. Di hutan, beberapa jenis Musci, seperti *Atrichum, Pogonatum, Trematodon, Pohlia, Nardia*, dan *Blasia* berperan dalam mencegah erosi tanah karena struktur tubuhnya yang liat dan kemampuan regenerasinya yang tinggi. Lumut lain, seperti *Rhodobryum* dan *Dicranum,* dapat mencegah erosi di perbukitan karena protonemanya yang berupa selaput dan jaring saling mengikat sehingga dapat melindungi tanah yang terbuka. Lumut menyediakan tempat untuk biji-bijian berkecambah, mempertahankan kelembapan, menjaga suhu udara tetap lembap, dan mempertahankan material organik.

Beberapa jenis lumut dapat ditemukan di lokasi yang memiliki kandungan mineral tertentu, seperti *Merceya* sp., *Mielichhoferia elongata,* dan *Mielichhoferia mielichhoferia* (dikenal dengan sebutan 'lumut tembaga' karena tumbuh di tanah dengan kandungan tembaga yang tinggi) dapat digunakan sebagai indikator keberadaan tembaga. Selain itu, beberapa jenis lumut akuatik, seperti *Amblystegium riparium*, *Fontinalis antipyretica*, *Fontinalis squamosa, Eurhynchium riparioides,* dan *Scapania undulata* sering digunakan untuk memonitor polusi air.

Manfaat lain lumut adalah sebagai media tanam, seperti berbagai jenis *Sphagnum*. Lumut ini dapat mengikat air hingga 50 kali lipat dari massa tubuhnya sehingga sangat baik digunakan sebagai media tanam berbagai jenis tanaman hortikultura.

Di Jepang, Inggris, Prancis, Finlandia, dan Amerika, lumut digunakan untuk keperluan dekoratif, seperti tumbuhan air ornamental yang dibuat dari *Climacium japonicum* yang dikeringkan dan dijual di Jepang. Lumut singapur (*Vesicularia* sp.) juga dijual di Singapura sebagai tanaman hias akuarium.

Beberapa jenis lumut hati *Frullania* spp. memiliki kandungan kimia yang bisa menyebabkan alergi apabila bersentuhan langsung dengan kulit, sedangkan *Marchantia polymorpha* dapat digunakan untuk mengobati luka bakar dan abses.

BEBERAPA MIKROB YANG DIISOLASI DARI BEBERAPA DAERAH DI INDONESIA YANG BERPERAN DALAM FERMENTASI DAN PENGOLAHAN BAHAN PANGAN

No.	Jenis	Kegunaan atau aktivitas	Target Produk	Daerah asal isolat
1	*Monascus purpureus*	Anti hipertensi	Bahan obat, OHT	Jawa Timur
2	*Lactobacillus plantarum*	Pangan fungsional Immunomodulator	Sediaan mikroenkapsulasi	Tanah Karo,Medan
3	*Streptomyces malayensis*	Bahan pembenah tanah	Sediaan padat mengandung spora	Daerah vulkanis Sulawesi dan Rinjani
4	*L. plantarum* B 1.2.3	Penghasil β-galaktosidase	Susu rendah laktosa	Fermentasi sayur asin dari Tulung Agung-Jawa Timur
5	*L. plantarum*	Fermentasi	Fermentasi tepung	Asinan, Kediri-Jatim
6	*Mucor* sp.	Penghasil rennin	Keju	Oncom merah dari Bogor
7	*E. cloacae* LIPI-MC 390	Penghasil β-galaktosidase	Susu rendah laktosa	Buah alpukat dari G. Salak
8	*K. pneumonia* LIPI-MC 392	Penghasil β-galaktosidase	Susu rendah laktosa	Buah mangga kueni dari G. Salak
9	*Mucor* sp.	Penghasil α-amilase	Roti tawar	Oncom merah dari Bogor
10	*Mucor* sp.	Penghasil amiloglukosidase	Gula cair	Oncom merah di Bogor
11	*Pseudomonas* spp.	Penghasil protease dan lipase	Detektor kerusakan susu dalam penyimpanan suhu dingin	Susu pasteurisasi setelah waktu kadaluarasa dari pabrik susu di Jakarta

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

bangan lebih lanjut, muncul isu-isu etika seperti hak kekayaan intelektual, pembagian atas nilai manfaat sumber daya hayati, dan pertimbangan konservasinya.

Pemanfaatan flora, fauna, dan mikrob di bidang kesehatan sudah lama dilakukan, terutama oleh masyarakat tradisional, baik untuk obat tradisional (jamu) maupun kosmetik. Berkembangnya pemanfaatan tumbuhan untuk pengobatan tradisional dan kecantikan dimulai jauh sebelum candi Borobudur dibangun pada abad ke-8, yakni ketika dimulainya pemukiman di Jawa. Di samping candi Borobudur, penggunaan tanaman untuk obat juga digambarkan di candi Prambanan, Panataran, dan Tegalwangi. Data ini merupakan data pertama tentang peran keanekaragaman hayati di Indonesia walaupun masih diperlukan penggalian lebih lanjut pada data tua di bagian lain di Indonesia yang belum terekam, terutama resep-resep tua yang masih disimpan oleh para orang tua di daerah tersebut. Kadang-kadang informasi ini tidak terekam, hanya berupa informasi yang diceritakan secara lisan oleh nenek moyangnya (Widjaja & Kartawinata 2013).

6.2.1 Sumber Bahan Obat Tradisional dan Kosmetik

Indonesia merupakan salah satu negara pengguna tumbuhan obat terbesar di dunia bersama negara lain di Asia, seperti China dan India. Pemanfaatan tanaman sebagai obat-obatan juga telah berlangsung ribuan tahun yang lalu. Namun, penggunaannya belum terdokumentasi dengan baik, kecuali di Jawa. Tulisan tentang tanaman obat dan kosmetik bahkan ada yang masih tertulis di daun lontar sehingga harus dibukukan.

Pada pertengahan abad ke XVII, seorang botanikus bernama Jacobus Rontius (1592–1631) memublikasikan khasiat tumbuh-tumbuhan dalam bukunya *De Indiae Untriusquere Naturali et Medica*. Meskipun hanya 60 jenis tumbuhan yang diteliti, buku ini merupakan dasar penelitian tumbuh-tumbuhan obat oleh N.A. van Rheede tot Draakestein (1637– 1691) dalam bukunya *Hortus Indicus Malabaricu.*. Pada tahun 1888 di Bogor, didirikan Chemis Pharmacologisch Laboratorium sebagai bagian dari Kebun Raya Bogor dengan tujuan menyelidiki bahan-bahan atau zat-zat yang terdapat dalam berbagai macam tumbuhan

yang dapat digunakan untuk obat-obatan. Selanjutnya, penelitian dan publikasi mengenai khasiat tanaman obat semakin berkembang.

Di Jawa, masyarakat Keraton Surakarta dan Yogyakarta telah mengenal jamu yang dibuat dari tanaman untuk kecantikan permaisuri dan gadis-gadis keraton. George Eberhard Rhumphius yang tiba pada tahun 1653 diminta Pemerintah Belanda untuk mengumpulkan data tentang tumbuhan yang dipakai sebagai obat tradisional di P. Ambon dan juga diinstruksikan untuk membuat spesimen herbarium serta gambarnya. Dalam buku itu, disebutkan 1.300 jenis tanaman yang berguna untuk pangan, papan, sandang, kesehatan, dan energi.

Pada era masuknya jenis tanaman ekonomi ke Indonesia, Gubernur Jenderal Belanda saat itu menginstruksikan Teysmann sebagai kurator Kebun Raya (*s-Land's Plantentuin*) di Bogor untuk memasukkan jenis-jenis sayuran dan buah-buahan Eropa untuk kepentingan pangan. Selanjutnya, Hasskarl pada tahun 1852 yang waktu itu merupakan wakil kepala Kebun Raya juga menanam kina yang dibawa dari Peru. Pertama kali Hasskarl menanamnya di Kebun Raya Cibodas dan akhirnya Junghuhn menanamnya dalam skala besar di Jawa Barat sebagai bahan baku obat. Pada saat itulah diperkenalkan juga tanaman karet, kopi, teh, dan kelapa sawit dalam skala luas. Sementara itu, pada waktu yang bersamaan tebu juga dikembangkan menjadi perkebunan di berbagai belahan dunia. Selain tebu, cengkeh juga mulai diperkenalkan ke dunia.

Usaha perdana dalam mengompilasi data tumbuhan yang bernilai ekonomi dimulai oleh pendeta Grevelink pada tahun 1883 yang kemudian diikuti oleh Clerc pada tahun 1909 (Wit 1949). Selama masa periode kepemimpinannya sebagai direktur Museum Ekonomi Botani (1906–1927), Heyne mencoba mendokumentasikan tumbuhan berguna Indonesia dalam buku *De Nuttige Planten van Nederlandsch Indie* yang menuliskan 5.006 jenis tumbuhan. Termasuk dalam buku tersebut ialah 1.050 jenis tumbuhan obat (21%). *Plant Resources of South East Asia* (Prosea) telah memublikasikan 5.952 jenis tumbuhan yang bernilai ekonomi dalam 19 volume di Asia Tenggara, termasuk di dalamnya tumbuhan obat yang terdiri atas tiga buku. Data tanaman obat terutama diperoleh dari Heyne (1950), Ochse (1931), Ochse dan van den Brink (1931), dan Burkill (1935). Sementara itu, Kloppenburg-Versteegh (1907, 1911) menulis buku tanaman obat yang sangat populer sehingga dipakai sebagai sumber utama dalam publikasi tanaman obat hingga sekarang.

Sejak saat itu, penelitian tentang tanaman obat dilakukan oleh berbagai peneliti. Selain itu, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia telah mengompilasi dan menerbitkan buku *Tanaman Obat dan Materia Medika*. Hasil penelitian tanaman obat juga dipublikasi oleh Badan Litbang Kesehatan dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Rempah-rempah dan Tanaman Obat Kementerian Pertanian. Hargono *et al.* (1986) telah membuat *Senarai Tumbuhan Obat Indonesia* yang berisi daftar 940 jenis tanaman obat yang dikenal di Indonesia. Dari 940 jenis yang dikenal sebagai tanaman obat, 120 di antaranya termasuk bahan obat-obatan Indonesia.

Data yang dirilis Fakultas Kehutanan IPB menunjukkan bahwa tidak kurang dari 1.845 jenis tumbuhan obat di Indonesia, 250 jenis di antaranya berasal dari hutan. Lebih dari 400 etnis di Indonesia memiliki pengetahuan tradisional tentang pemanfaatan tumbuhan sebagai obat. Masyarakat Lombok, misalnya, mengenal 15 jenis tumbuhan sebagai obat kontrasepsi dan semua jenis tanaman itu dapat diramu menjadi 30 macam obat-obatan lain. Di Jawa, dikenal paling sedikit 77 jenis tanaman obat yang dapat diramu untuk pengobatan segala penyakit; di Sumbawa dikenal 5 jenis tumbuhan untuk membuat ramuan minyak urat; di Rejang Lebong, Bengkulu dikenal 71 jenis tanaman obat dan 10 jenis tumbuhan untuk obat malaria. Suku Toraja menggunakan 22 jenis tumbuhan untuk digunakan sebagai bahan baku obat tradisional hingga ramuan memandikan mayat sehingga mayat tidak berbau walaupun disimpan agak lama (Widjaja 1980).

Sementara itu, Handayani & Mulyasari (2014) mengemukakan ada 101 jenis tumbuhan, 27 jenis cendawan, dan 9 jenis binatang yang dimanfaatkan oleh Suku Anak Dalam sebagai obat. Di Taman Nasional Gunung Halimun, dikenal ada 117 jenis yang digunakan sebagai tanaman obat (Harada *et al.* 2002). Di P. Wowoni, Rahayu *et al.* (2004) mengemukakan ada 65 jenis tumbuhan yang dipakai sebagai obat. Sudibyo (2006) menyitir

150 ramuan untuk mengobati sekurangnya 45 penyakit. Hidayat (2005) dalam bukunya mengemukakan berbagai ramuan obat tradisional dari 12 etnik di Indonesia, yaitu Bali Aga, Bugis dan Mandar, Gayo, Jawa, Kulawi, Kutai, Melayu Belitung, Mentawai, Sentani, Sumba Sunda serta Tolaki.

Jenis-jenis tumbuhan yang digunakan sebagai bahan kosmetik tradisional juga sudah lama dikenal, seperti lulur, tapel, pilis, parem, boreh, dan konyoh. Bedak dingin di Kalimantan dikenal dengan nama pupur dingin, dibuat dari tepung beras yang baru dibuat dan dicampur dengan rempah-rempah Banjar (misalnya "bangsoye" dan "babakan") serta dicampur dengan babanyun untuk menghasilkan aroma yang harum dan segar. Sebagai pewarna alami, ditambahkan kulit kayu bangkal yang juga berfungsi memberikan pewangi ekstra. Selain itu, dikenal juga adanya bedak dingin dari sari bengkoang. Oleh suku Dayak bedak dingin dibuat dari tepung beras, tepung bengkuang/tepung besusu, temu giring, kencur, lempuyang, buah pinang, adas pala waras, akar lara setu, air dingin, dan bibit minyak wangi.

Tilaar (2009) dalam bukunya menyebutkan bahwa konsep kecantikan tradisional adalah kecantikan lahiriah yang merupakan pancaran kecantikan rohaniah. Oleh karena itu, kecantikan sejati merupakan suatu usaha perawatan yang menyeluruh, baik jasmani maupun rohani, yang dalam bahasa Jawa Kuno disebut *Rupasampat Wayabyantara*.

6.2.2 Sumber Pustaka Kimia

Kandungan kimia sumber daya hayati yang secara biologi aktif disebut senyawa timbal (*lead compund*). Senyawa ini dapat digunakan sebagai bahan baku obat. Untuk menjadi obat yang dapat dipasarkan, perlu dilakukan penelitian intensif terhadap senyawa tersebut yang kemudian dilanjutkan dengan uji praklinis serta pengembangan klinis.

Dilaporkan terdapat 120 senyawa kimia yang berasal dari 100 suku tumbuhan, yang sebagian besar adalah tumbuhan tropik, termasuk yang terdapat di Indonesia (Fransworth 1985, Soejarto 1991). Jenis-jenis tersebut berpotensi untuk pengobatan berbagai jenis penyakit, antara lain malaria, kanker, jantung, hipertensi, dan bahkan untuk program keluarga berencana.

Johnson *et al*. (2013) mengevaluasi tumbuhan Indonesia untuk mengidentifikasi senyawa kimia dengan melakukan kegiatan modulasi kekebalan tubuh dengan menggunakan ekstrak. Ekstrak metanol *Alphonsea javanica* menunjukkan aktivitas antiperadangan. Aktivitas ini berdasarkan pada pustaka LC/MS-ELSD yang dikombinasikan dengan NF-kB dan MTT dan dipengaruhi oleh *styryl lactone* (+)-*altholactone*. Lubis & Sastrapradja (1980) telah mengemukakan bahwa dengan meningkatnya industri steroid, senyawa solasodin dan alkaloid yang ada pada jenis-jenis *Solanum* dan diosgenin pada jenis-jenis *Dioscorea* di Indonesia berpotensi sebagai bahan kontrasepsi.

Gumilang *et al.* (2005) mencoba mengungkapkan kandungan kimia beberapa tanaman obat di Kebun Raya Cibodas, misalnya *Ageratum conyzoides* yang bukan tanaman Indonesia yang mengandung asam hidrosianik, minyak volatil, eugenol, kaomarin, dan flavonoid yang dapat digunakan untuk obat demam, sakit dada, luka, penyakit kulit, pendarahan rahim, sakit mata, dan sakit perut. *Artemisia vulgaris,* walaupun bukan tanaman Indonesia, mengandung *kariofilene*, minyak volatil, *sesquiterpene laktone*, flavonoid, *kourmarine derivatives*, *triterpene*, dan asam *artemisinic* yang digunakan untuk obat penyakit kulit, malaria, memulihkan tenaga setelah melahirkan, kuat lelaki, disentri, pembengkakan payudara, menambah nafsu makan, dan melancarkan air seni. Rahayu *et al.* (2004) juga mengemukakan kandungan kimia beberapa jenis tumbuhan obat dari P. Wawonii, Sulawesi Tenggara. Sebagai contoh, *Euphorbia hirta* merupakan obat tetes mata meradang, sedangkan kandungan kimianya adalah kuersetin, flavonoid, senyawa antimikrob *Candida albicans, Eschericia coli*, dan *Staphylococcus aureus.*

6.2.3 Peran Tumbuhan untuk Obat

Penggunaan berbagai jenis tumbuhan sebagai bahan obat telah memiliki sejarah yang panjang di berbagai etnis di Indonesia secara turun-temurun. Kegunaan bahan tumbuhan sebagai bahan obat bertumpu pada kandungan senyawa bioaktif yang diproduksi oleh sel-sel tumbuhan tersebut di dalam sistem jalur biosintesis metabolit sekundernya.

Secara tradisional, banyak jenis tumbuhan yang telah digunakan sebagai obat malaria di berbagai etnik di Indonesia. Murningsih *et al.* (2005) telah melakukan penapisan terhadap 22 jenis tumbuhan obat Indonesia sebagai antimalaria. Hasil penapisan tersebut memperlihatkan variasi kekuatan penghambatan pertumbuhan plasmodium secara *in vitro* yang bervariasi antara 80–100% (Gambar 100).

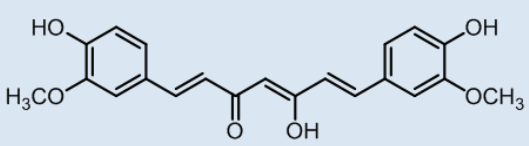
Simarubaceae merupakan salah satu suku tumbuhan yang telah diuji dan secara tradisional dikenal sebagai bahan yang berkhasiat sebagai obat antimalaria. Sebanyak sembilan jenis senyawa kimia yang terdiri atas alkaloid dan terpenoid telah diisolasi dari tumbuhan *Brucea javanica*.

Empat metabolit di antaranya bruseajavanin A, brusein B, amarorina, dan kantin-6-ona seperti terlihat pada Gambar 101 (Kitagawa *et al.* 1994). Pada tumbuhan *Quassia indica,* terdapat 10 jenis senyawa golongan *quasionoid* dengan struktur kimia yang me-

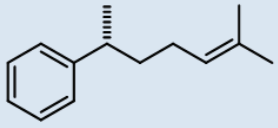
PEMANFAATAN TUMBUHAN DI BIDANG KESEHATAN

Salah satu kegunaan tumbuhan adalah sebagai bahan obat tradisional. Penggunaan berbagai jenis tumbuhan sebagai bahan obat telah memiliki sejarah yang panjang di berbagai etni di Indonesia secara turun-temurun. Kegunaan bahan tumbuhan sebagai bahan obat bertumpu pada kandungan senyawa bioaktif yang diproduksi oleh sel-sel tumbuhan tersebut di dalam sistem jalur biosintesis metabolit sekundernya.

Zingiberaceae merupakan suku tumbuhan yang paling banyak digunakan sebagai jamu dalam sistem pengobatan tradisional etni Jawa. Kita mengenal kunyit (*Curcuma domestica*) dan temu lawak (*Curcuma xanthorriza*) sebagai bahan yang sangat populer dalam beberapa jenis formulasi jamu, baik produk-produk jamu tradisional maupun obat herbal yang telah diproduksi dalam skala industri. Pemanfaatan kedua jenis bahan obat tersebut berpatokan pada kandungan senyawa kurkumin dan beberapa senyawa volatil, seperti xanthorrizol dan senyawa terpenoid lain yang terdapat pada rimpangnya. Kurkumin dan xanthorrizol (struktur kimia A) dilaporkan sebagai metabolit yang berperan sebagai antikanker pada tumbuhan temulawak (Choi *et al*. 2005).



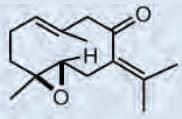
kurkumin



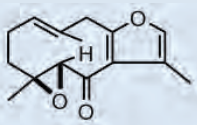
xanthorrizol

(A) Struktur kimia kurkumin dan xanthorrizol

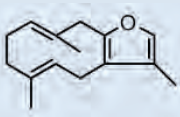
Rimpang pada temu hitam (*Curcuma aeruginosa*) mengandung senyawa golongan seskiterpena sehingga dapat digunakan sebagai bahan obat herbal. Setidaknya terdapat 10 jenis senyawa seskuiterpena spesifik pada rimpang *C. aeruginosa* seperti terlihat pada struktur kimia B (Agusta 2008). Tumbuhan yang mengandung senyawa-senyawa tersebut dapat digunakan untuk mengobati rematik/inflamasi (Yoshioka *et al*. 1998), hepatoprotektor, vasorelaksan, inhibitor produksi NO (Matsuda *et al*. 2001a, 2001b, 2001c) dan bahkan dilaporkan juga berisfat sebagai antikanker (Zang *et al.* 2007).



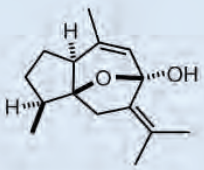
(4*S*,5*S*)-(+)-germakrona 4,5-epoksida



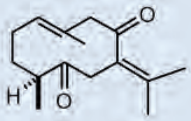
zederona



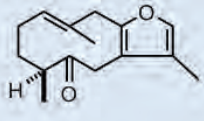
furanodiena



kurkumenol



dehidrokurdiona



furanogermenona

(B) Struktur kimia beberapa seskiterpena dari rimpang temu hitam *Curcuma aeruginosa*.

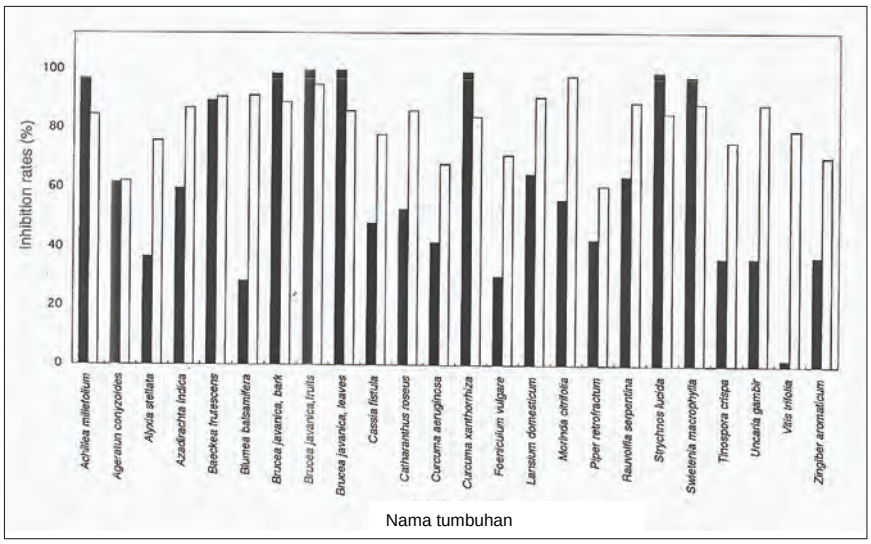
narik, seperti *indaquassin* C, samaderina B, simanorilida, dan 2-O-glukosilsamaderina C seperti terlihat pada Gambar 102 (Kitagawa *et al.* 1996). S *Picrasma javanica* dilaporkan mengandung *quasinoid* dan alkloid seperti pada Gambar 103 (Yoshikawa *et al.* 1993, Koike *et al.* 1990). Walaupun demikian, pengaplikasian bahan tumbuhan ini perlu dilakukan dengan hati-hati karena beberapa ekstrak, seperti ekstrak *B. javanica, P. javanica,* dan *Q. indica* memperlihatkan efek toksik yang cukup tinggi terhadap mencit.

Secara tradisional, beberapa jenis benalu juga populer digunakan sebagai bahan obat herbal. Tumbuhan benalu teh sangat populer pemanfaatannya di masyarakat sebagai obat kanker. Penelitian metabolit bioaktif dari salah satu benalu yang tumbuh pada tumbuhan teh, *Scurrula artropurpurea,* dilaporkan mengandung beberapa jenis asam lemak tidak jenuh seperti asam okta-9,12-dienoat, asam aktadeka-8,10-diynoat dan (z)-asam oktadek-12-ena-8,10-diynoat, dan asam oktadeka-8,10,12-triynoat (Gambar 104). Asam lemak tersebut, terutama yang disebut terakhir, memiliki aktivitas penghambatan invasi kanker dengan IC_{50} mendekati 95% pada konsentrasi 10 µg/ml. Tidak hanya mengandung asam lemak saja, tumbuhan benalu juga mengandung beberapa jenis flavonoid yang telah dikenal sebagai antioksidan yang kuat, seperti (+)-katekin, (-)-epikatekin, dan epigalokatekin (Ohashi *et al.* 2003).

Dalam dua dekade terakhir, tumbuhan tidak hanya digunakan langsung sebagai bahan obat herbal, tetapi juga banyak digunakan

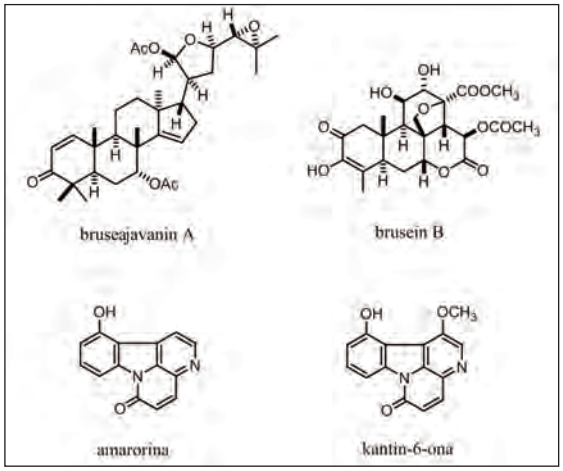
DATA TUMBUHAN BERGUNA INDONESIA

Terdata 940 jenis tumbuhan Indonesia untuk dijadikan tanaman obat, sedangkan Kotranas (1996) mengemukakan bahwa terdapat 7.500 jenis, namun baru 1.000–1.200 jenis yang sudah dimanfaatkan. Fakultas Kehutanan IPB (Hidayat 2005) mendata bahwa terdapat tidak kurang dari 1.845 jenis tumbuhan obat di Indonesia. Heyne (1950) dalam publikasinya yang mengemukakan 5.006 jenis dan mengusulkan ada 1.050 jenis lainnya sebagai tanaman obat (21% dari total jenis yang terdapat pada buku Heyne), dengan rincian 1.259 jenis tumbuhan untuk bahan papan; 984 jenis untuk tanaman pangan (sayur, buah, karbohidrat, dan ubi-ubian); 520 jenis tanaman penghasil minyak, resin, pewarna dan bahan kimia lainnya; 328 jenis pakan ternak; 885 jenis untuk berbagai macam kegunaan. Sementara Hidayat (2005) mencoba mengemukakan jenis-jenis tumbuhan yang dipakai sebagai obat di 12 etnis dari total kurang lebih 400 etnis di Indonesia.

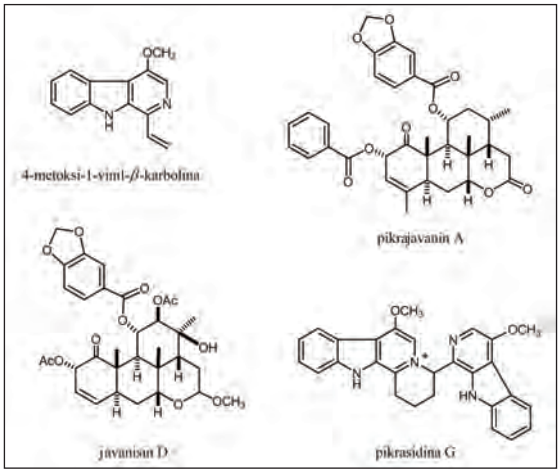


Sumber: Murningsih et al. 2005

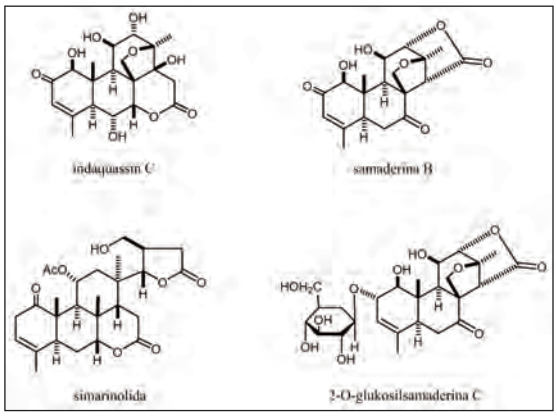
Gambar 100. Aktivitas ekstrak beberapa jenis tumbuhan sebagai antimalaria *Plasmodium falciparum* (□) dan anti-*Babesia gibsooni* (■)



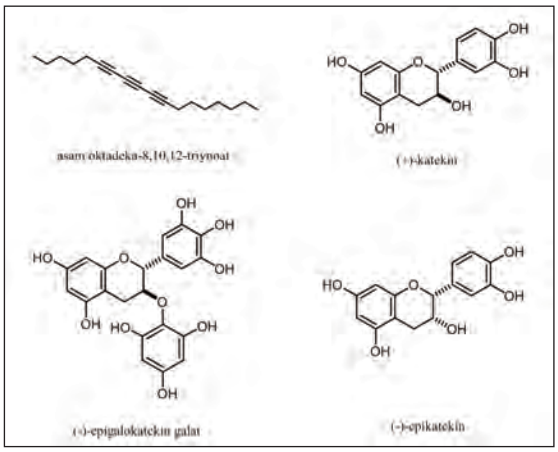
Gambar 101. Struktur kimia beberapa metabolit sekunder dari *B. javanica*.



Gambar 103. Struktur kimia beberapa jenis metabolit sekunder dari *P. javanica*.



Gambar 102. Struktur kimia beberapa metabolit sekunder dari *Q. Indica*.



Gambar 104. Beberapa metabolit bioaktif dari tumbuhan benalu *Scurrula arthropurpurea* dengan inang tumbuhan teh (*Camellia sinensis*).

sebagai sumber untuk memperoleh mikrob endofit. Mikrob endofit adalah mikrob yang hidup berasosiasi dengan tumbuhan sehat yang disinyalir memiliki hubungan simbiosis mutualisme dengan tumbuhan. Golongan mikrob endofit, terutama jamur endofit, memiliki kemampuan untuk memproduksi metabolit bioaktif dengan spektrum jenis yang luas dengan aktivitas biologi yang bervariasi.

Sebanyak 22 jenis jamur endofit yang diisolasi dari tumbuhan kina (*Cinchona ledgeriana*) dilaporkan memiliki kemampuan untuk memproduksi metabolit bioaktif yang selama ini dikenal sebagai metabolit spesifik. Jamur endofit tersebut mampu memproduksi keempat jenis alkaloid kina, yaitu kuinina, sinkonidina, kuinidina, dan sinkonina (Maehara *et al*., 2012).

Studi tentang jamur endofit tersebut membuktikan bahwa tumbuhan dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku obat, tidak hanya secara langsung, tetapi juga tidak langsung sebagai sumber untuk mengisolasi berbagai jenis mikrob endofit yang memiliki kemampuan luar biasa.

6.2.4 Peranan Kehati Mikrob untuk Obat

Secara umum, diketahui bahwa dunia mikrob merupakan bagian terbesar dari keanekaragaman hayati di biosfer dan pada kenyataanya sebagian besar industri farmasi dan bioteknologi saat ini memanfaatkan peran atau aktivitas mikrob. Karena peran mikrob yang begitu besar, berbagai upaya terus dilakukan di seluruh dunia untuk mendapatkan produk baru yang berasal dari mikrob. Mikrob telah berkontribusi secara

MANFAAT GYMNOSPERMAE

Gymnospermae sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia, di antaranya digunakan sebagai obat. Misalnya, *Ginko biloba* mempunyai daun yang dapat dijadikan obat asma dan mengatur tekanan darah. Buahnya dapat digunakan untuk bahan baku ramuan pembuatan suplemen tambahan yang berfungsi untuk menjernihkan daya ingat. Daun *Ginkgo* juga punya khasiat antioksidan kuat dan berperan penting dalam oksidasi radikal bebas penyebab penuaan dini dan pikun. Sayangnya, tumbuhan ini tidak tumbuh di Indonesia walaupun dahulu pernah ditanam di daerah Puncak oleh orang Belanda.

Selain *Ginkgo*, biji dan daun melinjo (*Gnetum gnemon*) pada umumnya dikenal sebagai bahan sayuran, namun bijinya bisa juga digunakan untuk membuat emping atau kerupuk melinjo. Penelitian menunjukkan bahwa melinjo menghasilkan senyawa antioksidan yang diperoleh dari konsentrasi 9–10% protein tinggi pada setiap biji melinjo. Protein utamanya berukuran 30 kilodalton, sangat efektif untuk menghabisi radikal bebas yang menjadi penyebab berbagai macam penyakit. Di beberapa daerah pedalaman Indonesia, masyarakat menggunakan kulit kayu melinjo untuk membuat cawat, baju perang atau jala ikan.

nyata bagi kesehatan dan kesejahteraan manusia. Di samping memproduksi berbagai metabolit primer, seperti asam amino, vitamin dan nukleotida, mikrob juga mampu memproduksi metabolit sekunder yang merupakan setengah dari seluruh obat-obatan yang beredar di pasaran saat ini.

Sampai saat ini, masih menjadi bahan diskusi yang hangat apakah mikrob bersifat kosmopolitan atau endemik pada area geografi spesifik. Pada kenyataannya, sulit untuk menentukan definisi jenis, khususnya untuk prokariyota. Hal ini disebabkan oleh pertukaran genom yang dapat terjadi dengan mudah. Dalam upaya untuk memetakan potensi mikrob dengan keanekaragaman yang sangat tinggi, langkah awal yang perlu dilakukan adalah memperhatikan perbedaan area geografi, termasuk daerah *hotspot* biodiversitas untuk mendapatkan *strain*/galur yang spesial dengan metabolisme yang kemudian dapat menghasilkan bahan kimia aktif baru.

Pengembangan dan penemuan obat baru memiliki empat langkah utama, yaitu (1) dari bahan alam dengan melakukan penapisan untuk mencari komponen bioaktif; (2) modifikasi struktur bahan obat yang sudah digunakan untuk meningkatkan aktivitas atau mencari aktivitas baru; (3) dari bahan kimia sintesis dan pemodelan hewan percobaan dengan melakukan penapisan-penapisan bahan-bahan kimia terhadap penyakit (menggunakan pemodelan hewan percobaan); dan (4) dari pendekatan modern desain obat dengan mendesain obat berbasis mekanisme fisiologi (Kardono 2004).

Untuk memerangi penyakit akibat resistensi patogen terhadap obat yang mengancam secara signifikan terhadap kesehatan masyarakat, pencarian bahan terapi kimia (*chemotherapeutants*) baru, terutama antibiotik baru, terus-menerus berlangsung. Penemuan dan pengembangan obat baru dari bahan alami selama beberapa dekade terakhir telah memainkan peran yang sangat penting. Lebih dari 28% bahan kimia baru dan 42% obat antikanker telah diperkenalkan dan beredar di pasaran (Newman & Cragg 2007). Dari keseluruhan produk obat alami yang telah dilaporkan, sekitar 20–50% menunjukkan aktivitas biologi dan sekitar 10% berasal dari produk mikrob.

Penemuan antibiotik penisilin yang dihasilkan kapang *Penicillium notatum* di awal abad ke-20 membuka peluang pemanfaatan mikrob lainnya. Mikrob diketahui sebagai sumber senyawa-senyawa aktif dengan kontribusi sekitar 10% dari senyawa alam yang pernah dilaporkan. Demain & Sanchez (2009) melaporkan lebih lanjut bahwa dari sekitar 22.500 senyawa aktif yang berasal dari mikrob, aktinomisetes diketahui menjadi sumber utama (45%) diikuti dengan jamur (38%) dan bakteri (17%). Pasar senyawa antiinfeksi dunia mencapai nilai 55 miliar dolar dengan produk utama *cephalosporins*, penisillin, β-lactam, senyawa antivirus (bukan berbentuk vaksin), *quinolones*, senyawa antifungi dan antiparasit, *aminoglycosides,* dan *tetracyclines* (Barber 2001). Salah satu contoh kajian potensi mikrob lokal Indonesia untuk pengembangan obat dan kesehatan adalah pencarian senyawa aktif asal aktinomisetes. Eksplorasi mikrob lokal di Pulau Batanta, Raja Ampat menghasilkan isolat *Streptomyces badius* dari serasah dengan kemampuan menghasilkan metabolit berupa senyawa antimikrob. Senyawa tersebut menyebabkan

kerusakan sel bakteri *E. coli* dan *B. subtilis* dengan indikasi kebocoran protein, asam nukleat, dan urasil (Nurkanto *et al*. 2013). Senyawa-senyawa aktif yang dapat dihasilkan dari berbagai jenis mikrob dapat dilihat pada Tabel 35.

Selama dua dekade terakhir, setelah 50 tahun dilakukan penapisan mikrob terestrial secara intensif, laju penemuan dan pengembangan bahan obat alami dari mikrob yang unik secara dramatis telah menurun. Sementara itu, muncul kasus resistensi mikrob patogen terhadap antibiotik yang semakin parah, seperti bakteri patogen gram positif *Staphylococcus aureus* yang resisten terhadap methicillin. Permintaan penemuan obat baru yang semakin mendesak telah menyebabkan kebangkitan dunia penelitian

Tabel 35. Beberapa Mikrob yang Telah Berhasil Diisolasi dari Berbagai Lingkungan dan Dikarakterisasi Sifat dan Potensi Pemanfaatan sebagai Penghasil Bahan Obat

No.	Jenis Mikrob	Kegunaan/aktivitas	Target produk	Lokasi asal
1	*Streptomyces badius*	Menghasilkan senyawa bioaktif antibiotik dan antifungi aktivitas tinggi	Bahan obat	Pulau Batanta, Raja Ampat Papua
2	*Streptomyces narbonensis*	Menghasilkan senyawa bioaktif antibiotik dan antifungi	Bahan obat	Pulau Batanta, Raja Ampat Papua
3	*Streptomyces hygroscopicus*	Menghasilkan senyawa antibiotik dan anti fungi	Bahan obat	Ternate, Maluku Utara
4	*Streptomyces tricolor*	Menghasilkan senyawa antifungi	Bahan obat	Ternate, Maluku Utara
5	*Streptomyces misakiensis*	Menghasilkan senyawa antifungi	Bahan obat	Ternate, Maluku Utara
6	*Aspergillus terreus*	Penghasil senyawa antioksidan	Antioksidan terreic acid dan terremutin	Tanah di Teluk Kodek, Pemenang, Lombok Barat, NTB
7	*Monascus purpureus*	Antihipertensi	Bahan obat, OHT	Jawa Timur
8	*Diaporthe* sp.	Antibakteri & antikanker		Tanaman gambir, Padang
9	Rhodobacteracea: bakteri	Antibakteri	Bahan Obat	Sponge, Barrang Lompo Sulawesi Timur
10	*Lactobacillus plantarum*	Pangan fungsional Immunomodulator	Sediaan mikroenkapsulasi	Tanah Karo, Medan

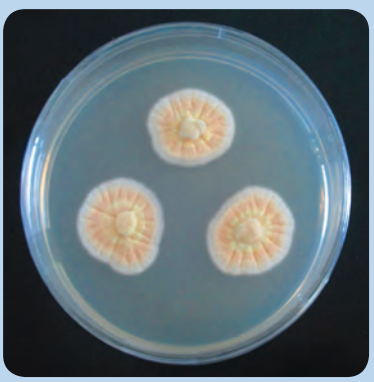


Foto: Dewi *et al*. 2012 Foto: Dewi *et al*. 2012

Aspergillus terreus LS 01 penghasil antioksidan asam terreic dan terremutin yang ditumbuhkan pada media agar (kiri) dan kenampakan di bawah mikroskup (kanan)

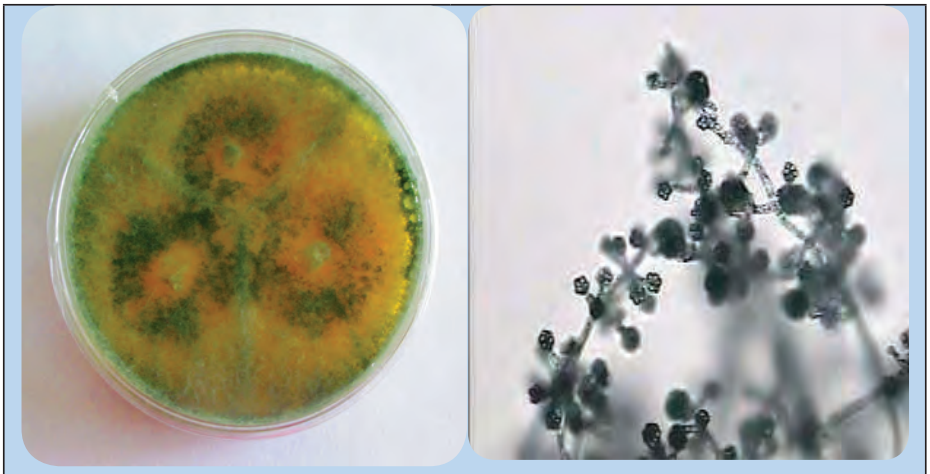


Foto: Puslit Biologi-LIPI
Trichoderma harzianum W 34A1 yang ditumbuhkan pada media agar (kiri) dan kenampakan di bawah mikroskop (kanan)

dalam penemuan bahan obat alami dengan teknologi modern (Xiong *et al.* 2013).

Berbeda dengan lingkungan darat, ekosistem marine adalah sumber daya alam yang kaya dan relatif belum dimanfaatkan. Lebih dari 15.000 bahan obat alami dengan struktur kimia yang sangat beragam dengan bermacam-macam bioaktivitas telah diidentifikasi sejak tahun 1970 (Li & Qin 2005). Keragaman ini telah menarik perhatian peneliti untuk melakukan eksplorasi lebih dalam lagi untuk penemuan obat baru berbasis bahan alam mikrob laut (Xiong *et al.* 2013).

Perkembangan terbaru dalam penemuan obat menunjukkan bahwa mikrob laut juga merupakan sumber potensial baru penghasil produk metabolit sekunder dan memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan jumlah bahan obat alami laut dalam uji klinis. Kita ambil contoh dari ekstrak Rhodobacteriacea. Bakteri yang diisolasi dari perairan laut Sulawesi dapat dengan kuat menghambat pertumbuhan bakteri patogen *Staphylococcus aureus* dan *Vibrio eltor* (Muniarsih *et al.* 2013).

6.3 Sumber Energi Terbarukan

Seiring dengan meningkatnya permintaan Bahan Bakar Minyak (BBM) dan impor solar menjadi tujuh milliar liter per tahun, pemerintah menerbitkan kebijakan energi nasional yang komprehensif melalui Inpres No. 1/2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*biofuel*) sebagai bahan bakar lain. Terkait dengan pengembangan energi berbasis nabati, pemerintah telah menetapkan empat komoditas untuk dikembangkan sebagai *biofuel*, yaitu kelapa sawit, tebu, jagung, dan jarak pagar. Namun, bila dibandingkan dengan ketiga komoditas lainnya, kelapa sawit merupakan komoditas yang paling cocok untuk dikembangkan dengan rendemen rata-rata 17,26%.

Pemanfaatan bambu untuk *biofuel* sudah dilakukan di Afrika. Mulanya, bambu ditanam untuk mengurangi erosi tanah. Tidak kurang dari 2,75 juta hektar bambu telah ditanam, khusus dipersiapkan sebagai bahan baku *biofuel*. Di Universitas Princeton, Amanda Rees mencoba membuat butanol dari bambu yang mempunyai energi lebih tinggi dibanding etanol dan tidak korosif. Bambu mempunyai sifat fisika-kimia yang lebih baik dibanding kayu (hal ini disebabkan karena 2,5% dari bambu terdiri atas mineral, sedangkan kayu hanya 1.5).

Di masa depan, bahan bakar hayati (*biofuel*) dari mikroalga sangat menjanjikan karena mikroalga banyak tumbuh di perairan tawar maupun asin. *Chlorella* sp. merupakan penghasil minyak alga tertinggi, yakni mencapai 48,3% (Rachmaniah *et al.* 2010). Linde (2014) menginformasikan bahwa untuk menghasilkan 1 barel minyak alga (1 barel setara dengan 159 liter) diperlukan alga dengan jumlah 600 kg karbon dioksida. Dari satu produksi komersial alga, diperkirakan diperoleh kira-kira 10,000 m ton CO_2 per hari yang setara dengan 30% CO_2 di pasaran.

KOMPOSISI KIMIA ALGA DITUNJUKKAN DALAM ZAT KERING (%)

Komposisi Kimia	Protein	Karbohidrat	Lemak	*Nucleic Acid*
Scenedesmus obliquus	50–56	10–17	12–14	3–6
Scenedesmus quadricauda	47	-	1.9	-
Scenedesmus dimorphus	8–18	21–52	16–40	-
Chlamydomonas rheinhardii	48	17	21	-
Chlorella vulgaris	51–58	12–17	14–22	4–5
Chlorella pyrenoidosa	57	26	2	-
Spirogyra sp.	6–20	33–64	11–21	-
Dunaliella bioculata	49	4	8	-
Dunaliella salina	57	32	6	-
Euglena gracilis	39–61	14–18	14–20	-
Prymnesium parvum	28–45	25–33	22–38	1-2
Tetraselmis maculata	52	15	3	-
Porphyridium cruentum	28–39	40–57	9v14	-
Spirulina platensis	46–63	8–14	4–9	2–5
Spirulina maxima	60–71	13–16	6–7	3–4.5
Synechoccus sp.	63	15	11	5
Anabaena cylindrica	43–56	25–30	4–7	-

Sumber: Becker 1994

Hasil penelitian Nagara (2011) membuktikan bahwa pengolahan alga pada lahan seluas 4.646.000 ha mampu menghasilkan biodiesel yang dapat menggantikan seluruh kebutuhan solar di Amerika Serikat. Diperkirakan alga mampu menghasilkan minyak 200 kali lebih banyak dibandingkan tumbuhan lain yang mampu menghasilkan minyak, seperti kelapa sawit dan jarak pagar. Komposisi kimia sel yang terdiri atas protein, karbohidrat, lemak, dan asam nukleat dari setiap jenis alga berbeda antar satu dengan yang lain.

Bentuk lain energi terbarukan juga dikenal melalui *blue carbon*, yaitu karbon yang tersimpan di ekosistem pesisir seperti hutan mangrove, rumput laut, padang lamun atau area gelombang laut. Ekosistem ini memegang peranan penting sebagai cadangan karbon yang luas dan menyerap CO_2 di atmosfer serta menyimpannya dalam sedimen di dalam tanah atau di bawah vegetasi. Tingkat penyimpanan karbon tidak sebanding dengan tingkat penyerapan karbon di ekosistem darat, seperti hutan hujan tropis atau lahan gambut. Ekosistem pesisir dapat menyimpan karbon ribuan tahun, namun ketika ekosistem itu rusak, mereka dapat menjadi sumber CO_2 akibat oksidasi biomassa dan tanah organik. *Blue carbon* belum digunakan sebagai sumber energi terbarukan karena masih memerlukan penelitian lebih lanjut untuk menjadikannya sebagai sumber energi.

6.4 Jasa Ekosistem (*Ecosystem Services*)

Jasa ekosistem adalah proses ekologi atau komponen ekosistem yang berpotensi memberikan manfaat bagi manusia dan menjadi dasar untuk penilaian suatu ekosistem (Hein *et al.* 2006), antara lain keindahan dan fenomena alam, kehati dan ekosistem, fungsi hidrologi, penyerapan dan penyimpanan karbon, dan berbagai jasa lainnya (Renstra Dit. PJLKKHL 2010–2014). Jasa ekosistem bervariasi seiring dengan berjalannya waktu dan akan memengaruhi ketersediaannya dalam memberikan manfaat bagi manusia.

Wienarto *et al.* (2014) menggolongkan jasa ekosistem dalam tiga kelompok, yaitu jasa produksi, jasa pengaturan, dan jasa budaya. Jasa produksi merupakan jasa penyedia barang dan jasa yang dihasilkan di dalam ekosistem, misalnya penyedia bahan pakan, bahan bakar (termasuk kayu dan kotoran ternak), kayu, serat dan bahan baku lain, sumber biokimia dan obat, sumber daya genetik serta ornamental.

Jasa pengaturan merupakan kemampuan ekosistem dalam mengatur iklim, siklus air dan biokimia, proses permukaan tanah, dan berbagai proses biologi. Contoh jasa ini

adalah pembenaman karbon, pengaturan iklim, pengaturan waktu dan volume sungai, aliran air tanah, perlindungan terhadap banjir oleh sistem pesisir dan riparian, penyerbukan, pengaturan hama penyakit, pengikatan nitrogen biologis, perombakan bahan organik alam, dan keanekaragaman hayati untuk jenis tanaman dan hewan.

Jasa budaya meliputi dengan manfaat yang diperoleh manusia melalui hiburan, pengembangan penalaran, relaksasi, dan refleksi spiritual. Contohnya adalah penyedia informasi pendidikan dan ilmiah, penyedia peluang rekreasi dan wisata, penyedia bentang alam untuk lingkungan, perumahan dan hunian serta penyedia informasi lainnya sebagai inspirasi budaya dan artistik (Hein *et al.* 2006).

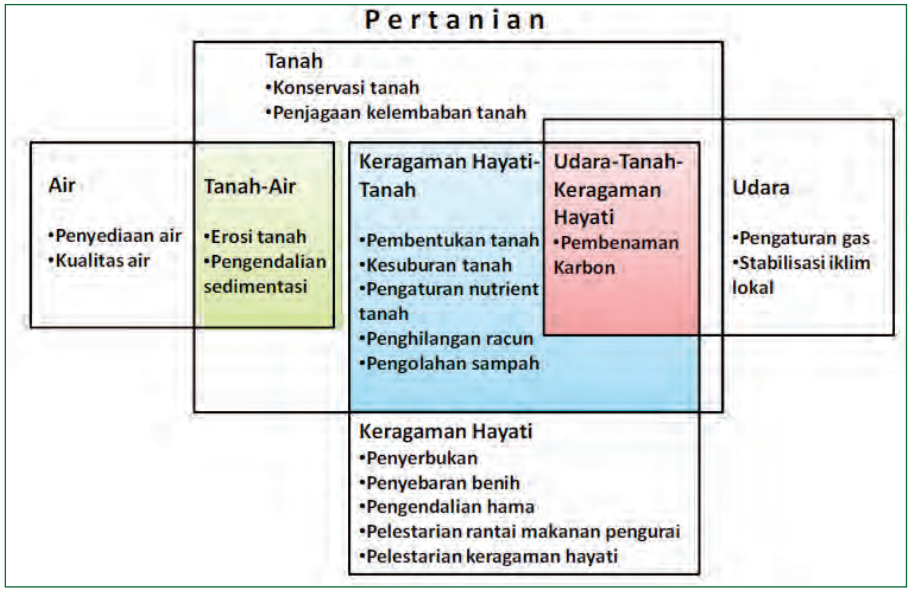
Jasa lingkungan memiliki lebih dari 25 jenis dan bentuk yang diterima oleh masyarakat regional. Walaupun demikian, yang termasuk ke dalam *marketable criteria* hanya ada empat, yaitu jasa lingkungan tata air, jasa lingkungan keanekaragaman hayati, jasa lingkungan keindahan alam (lanskap), dan jasa lingkungan penyerapan karbon (Leimona *et al.* 2011 dan Wunder 2005).

Jasa ekosistem dipopulerkan dan diformalkan melalui Kajian Ekosistem Milenium PBB tahun 2004 (*Millenium Ecosystem Assesment* 2005). Penyedia ekosistem yang terpenting adalah hutan yang memberikan manfaat besar bagi kehidupan manusia, baik manfaat langsung maupun tidak langsung. Manfaat langsung adalah seperti penyediaan kayu, penyerbukan, satwa, dan hasil tambang, sedangkan manfaat tidak langsung adalah manfaat rekreasi, perlindungan dan pengaturan tata air, dan pencegahan erosi. Pemanfaatan hutan idealnya dilakukan secara lestari dan bertanggung jawab sehingga menghasilkan manfaat yang berkelanjutan dan tidak merusak kemampuan hutan untuk memenuhi kebutuhan di masa depan. Hutan berfungsi untuk mendukung kehidupan manusia, satwa, dan tumbuhan, selain juga menjadi bagian dari proses ekologi dalam satuan siklus kehidupan (Reksohadiprojo 2000).

Hasil penelitian *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) tahun 2005 menjelaskan bahwa dua pertiga jasa lingkungan yang dimanfaatkan mengalami degradasi yang lebih cepat dibanding masa pemulihannya. Pemanfaatan jasa lingkungan yang berlebihan akan mengakibatkan sumber daya alam dan hutan sulit untuk melakukan pemulihan alami. Kondisi ini dapat menyebabkan jasa lingkungan secara bertahap menjadi langka dan hilang. Dampaknya, jasa lingkungan yang semula diperoleh dengan cuma-cuma akan menjadi mahal dan langka. Keadaan ini akan menjadi ancaman bagi sebagian besar masyarakat yang menggantungkan kehidupannya pada alam. Agar tidak semakin parah maka diperlukan strategi pengelolaan untuk memanfaatkan jasa lingkungan yang bersumber dari sumber daya alam dan lingkungan, khususnya di hutan.

Jasa ekosistem dari aspek pertanian terlihat pada Gambar 105 yang melibatkan banyak faktor, yaitu tanah, air, keanekaragaman hayati, dan udara. Pertanian secara umum bergantung pada penyediaan jasa ekosistem yang bersifat mengatur (jasa pengaturan), seperti pembentukan formasi tanah dan kegiatan jasad renik, perlindungan erosi, penyebaran dan siklus nutrien, pemurnian air, curah hujan yang mantap dan iklim stabil, penyerbukan tanaman, dan pengendalian hama dan penyakit. Pertanian modern intensif membutuhkan suatu penyediaan yang berlanjut dan pertukaran antara jasa produksi dan jasa pendukung.

Peningkatan produktivitas sebagai bagian dari jasa ekosistem produksi dapat menyebabkan penurunan jasa pengaturan. Jika jasa ekosistem pengaturan dan pendukung makin buruk maka otomatis produksi pangan akan terganggu. Hal ini dapat digambarkan seperti suatu proses spiral yang menurun secara drastis sehingga perlu adanya suatu pengaturan agar kebijakan pertanian, peraturan dan insentifnya sejalan dengan adopsi praktik-praktik pertanian yang memperkuat dan meningkatkan kemampuan penyediaan jasa produksi dan ketangguhan agroekosistem (Wienarto *et al*. 2004). Beberapa contoh jasa ekosistem yang termasuk dalam grup jasa pengaturan, yang bermanfaat dan memberi dampak yang cukup berarti pada sektor pertanian dan konservasi tumbuhan akan dibahas pada subbab berikut.



Sumber: FAO 2011

Gambar 105. Jasa-jasa ekosistem, pada kotak ekologi yang berbeda (udara, tanah, air dan keragaman hayati) dan persinggungannya, yang dapat meningkatkan atau menurunkan kegiatan pertanian

6.4.1 Binatang sebagai Penyerbuk (*Pollinator*) untuk Meningkatkan Produksi Pertanian dan Konservasi Tumbuhan Berbunga (Angiospermae)

Perubahan iklim global dapat mengakibatkan perubahan fenologi yang menimbulkan dampak buruk bagi keanekaragaman, populasi dan habitat satwa penyerbuk. Belum ada pemantauan populasi satwa penyerbuk dengan cakupan daerah yang luas serta waktu yang cukup panjang untuk menentukan apakah telah terjadi penurunan populasi serta konsekuensi dari penurunan keanekaragaman dan populasi terhadap produksi pertanian.

Di tempat yang relatif terbuka dengan angin yang memadai, pengiriman tepung sari dapat dilakukan cukup dengan bantuan angin. Di tempat yang relatif lembap, tepung sari juga ikut menjadi lembap sehingga sulit untuk diterbangkan oleh angin. Pengiriman tepung sari dalam kondisi tersebut lebih sesuai jika dibantu oleh satwa penyerbuk seperti serangga, burung atau kelelawar. Oleh sebab itu, Free (1993) berpendapat bahwa tumbuhan di kawasan tropik umumnya mengalami penyerbukan entomofili atau pembungaan yang dibantu oleh serangga.

Hubungan antara bunga dan satwa penyerbuknya merupakan simbiosis mutualisme, bunga membutuhkan satwa sebagai agen penyerbuk dan satwa memerlukan bunga sebagai sumber pakannya (nektar dan serbuk sari). Sekitar tiga perempat jenis tumbuhan berbunga menggantungkan proses penyerbukan pada satwa penyerbuk. Setiap jenis atau tipe bunga bersimbiosis dengan jenis atau kelompok satwa penyerbuk yang spesifik sehingga dikenal beberapa sebutan bunga yang menandai satwa penyerbuknya, misalnya bunga burung, bunga kelelawar, bunga kumbang, bunga kupu-kupu, bunga lalat, dan bunga lebah.

Penelitian yang memberikan bukti tentang penurunan keanekaragaman penyerbuk masih sangat terbatas, namun banyak petani menyadari bahwa telah terjadi penurunan keanekaragaman dan populasi. Mereka memerlukan satwa penyerbuk untuk meningkatkan produksi pertanian yang sedang dikelola. Petani salak telah melakukan penyerbukan silang dengan tangan, perusahaan kelapa sawit telah melakukan penyerbukan buatan dengan pengasapan serbuk sari, petani melon telah menyerbuki bunga dengan tangan untuk meningkatkan produksi buahnya. Banyak kelemahan terhadap upaya penyerbukan buatan tersebut, antara lain tidak efisien atau memerlukan banyak tenaga kerja, efektivitasnya rendah, dan cara yang salah justru akan membunuh banyak individu penyerbuk.

Sebagai penyerbuk, serangga, burung, kelelawar, dan binatang lainnya secara tidak sengaja memindahkan tepung sari ke kepala putik saat mencari nektar bunga. Kemampuan binatang penyerbuk dibatasi oleh daya jelajah mereka dalam mencari makan secara efisien (van der Pijl 1972). Pada kawasan hutan terdegradasi (akibat penebangan, dan kebakaran), peran binatang penyerbuk ini sangat penting sehingga harus dijaga kelestariannya. Selain itu, penyerbukan oleh hewan juga membantu penyerbukan silang yang memberikan keuntungan bagi tanaman, yakni berupa pencampuran atau rekombinasi material gen dua tanaman yang berbeda sehingga variabilitas keturunannya akan meningkat. Selain meningkatnya variabilitas tanaman, *fitness*, kualitas dan kuantitas biji dan buah juga akan meningkat, selain mencegah terjadinya kepunahan jenis tanaman (Free 1993 dan Roubik 1989).

Tidak semua jenis binatang pengunjung bunga berfungsi sebagai penyerbuk. Sebagai contoh serangga penyerbuk yang terbatas pada kelompok kumbang cetonid dan curculionid, Trip, lalat syrphid, kupu, ngengat, semut, lebah, dan tawon (Erniwati & Kahono 2008, Free 1993, Kahono 2001). Burung dari kelompok burung nektar pada umumnya dan hampir semua kelompok kelelawar pemakan buah (anak-bangsa Megachiroptera) juga dapat membantu penyerbukan.

Pemanfaatan binatang penyerbuk untuk meningkatkan produksi pertanian diawali dengan pemilihan jenis binatang penyerbuk, jenis bunga yang diserbuki, dan kondisi lingkungan pendukungnya. Penelitian dan pengembangan lebah sosial *Apis* spp., *Bombus rufipes* (Apidae), *Trigona* spp., dan *Xylocopa* spp. serta kelelawar pada tanaman produsen buah dan/atau biji (misalnya tomat, cabe, terung, caisin, kelapa sawit, buah-buahan lainnya) perlu diprioritaskan. Untuk mengembangbiakkan binatang penyerbuk tanpa memanipulasi persarangannya maka perbaikan habitat lingkungannya menjadi pilihan prioritas untuk dilakukan, misalnya perbaikan lingkungan untuk perkembangbiakan lalat penyerbuk bunga kakao. Teknik pengembangbiakan lebah madu (*Apis* spp.) telah lama dikenal. Sebaliknya, cara pengembangbiakan kelompok lebah kelanceng (*Trigona* spp.), bangbara gunung (*Bombus rufipes*), bangbara (*Xylocopa* spp), dan lebah soliter lain belum diketahui secara baik. Jenis-jenis binatang yang dapat dikembangkan dalam koloni memerlukan tahapan persiapan, mulai dari lingkungan pendukung hingga perbanyakan koloni.

Ketergantungan mutlak bunga pada binatang penyerbuk sangat nyata pada bunga yang bersifat *self-incompatible* atau putik suatu bunga tidak dapat diserbuki oleh serbuk sari dari bunga yang sama, tetapi hanya bisa diserbuki oleh serbuk sari yang berasal dari bunga yang berbeda.

Penurunan jenis dan populasi binatang penyerbuk menyebabkan penurunan frekuensi dan intensitas penyerbukan yang secara langsung mengakibatkan turunnya produksi buah (Amir *et al.* 2004, 2005; Kahono *et al.* 2012). Penurunan populasi penyerbuk bunga salak, durian, dan jenis tanaman buah lainnya memberi efek kepada penurunan produksi buah. Penyerbukan tanaman introduksi, misalnya kelapa sawit, menunjukkan bahwa penyerbukan yang dilakukan oleh kumbang *Elaeidobius kamerunicus* belum berhasil meningkatkan produksi secara optimal. Sekitar 35% buah tidak berkembang, dan hal ini menjadi indikator tidak diserbukinya bunga sawit. Oleh karena itu, untuk meningkatkan produksi kelapa sawit, perlu adanya peningkatan populasi kumbang *E. kamerunicus* dengan cara menjaga lingkungan perkembangbiakan kumbang dan meningkatkan peran penyerbuk lokal (Kahono *et al.* 2012) (Gambar 106).

Lebah bangbara gunung (*Bombus rufipes*) merupakan penyerbuk utama tanaman pertanian dataran tinggi, misalnya stroberi (Kahono 2003; Kahono 2009). Saat ini, kondisi populasi lebah bangbara gunung terus menurun akibat penggunaan pestisida yang tinggi dan degradasi habitat. Konservasi hutan dataran tinggi berperan melindungi lebah bangbara gunung dari kepunahan. *Bombus terrestris* telah dikembangkan menjadi agen penyerbuk tanaman buah-buahan rumah kaca di negara maju, namun introduksi jenis ini ke Indonesia sangat tidak disarankan karena dikhawatirkan akan menjadi jenis invasif.

Kelelawar merupakan penyerbuk pada kelompok tumbuhan hutan dan tanaman pertanian, seperti bunga *Acacia* sp., *Adenanthera* sp., *Alnus* sp., *Anacardium* sp., *Annona* sp., *Apocynaceae*, *Baringtonia* sp., *Bauhinia* sp.,

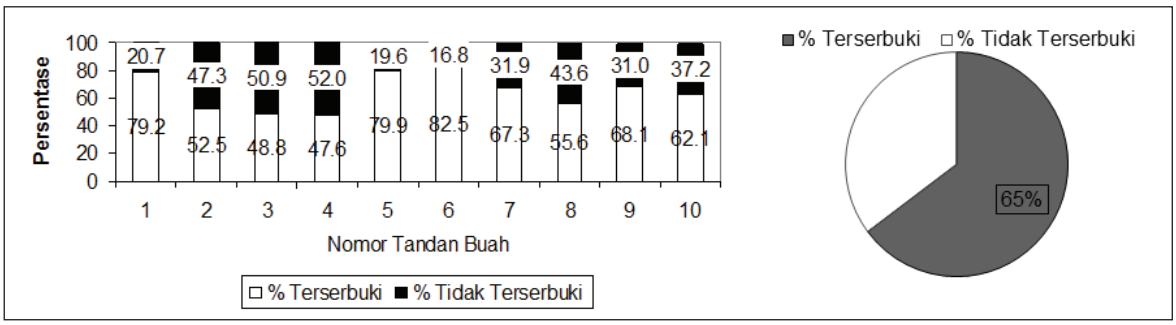
Begoniaceae, *Betulaceae*, *Ceiba pentandra*, *Ceiba* sp., *Celastraceae*, *Compositae* sp., *Convolvulaceae*, *Crateva* sp., *Croton* sp., *Dacrydium* sp., *Dilleniaceae*, *Duabanga* sp., *Durio zibethinus*, *Ericaceae*, *Eugenia* sp., *Euphorbiaceae*, *Hibiscus* sp., *Licania* sp., *Mimosa* sp., *Parkia* sp., *Persea* sp., Pinaceae, *Salacia* sp., dan *Syzygium* sp. (Maryati *et al.* 2008, Soegiharto *et al.* 2010). Kehadiran koloni kelelawar dibutuhkan untuk berlangsungnya proses penyerbukan tanaman tersebut.

Bukti peran kelelawar dalam menyerbuki bunga untuk menghasilkan buah dapat ditunjukkan pada kawasan mangrove yang berbunga sepanjang tahun sebagai sumber pakan kelelawar. Jika populasi kelelawar menurun maka hasil panen pertanian disekitar kawasan tersebut akan menurun dan pun sebaliknya. Beberapa contoh hubungan penyerbuk dengan bentuk bunga yang diserbuki disajikan pada Gambar 107.

6.4.2 Binatang Sebagai Pemencar Biji untuk Konservasi Ekosistem

Pemencaran biji oleh binatang merupakan salah satu jasa di dalam ekosistem yang sering dilupakan. Jasa binatang dalam proses pemencaran biji ini cukup besar, tetapi sulit untuk dilakukan valuasi ekonominya. Pada lokasi yang sudah terbuka dan mengalami kerusakan yang disebabkan, baik oleh faktor alam, bencana maupun kegiatan manusia, binatang pemencar biji merupakan salah satu unsur yang memegang peranan penting dalam pemulihan ekosistem. Proses pemencaran biji dilakukan oleh binatang pemakan buah, antara lain kelompok burung dan mamalia.

Proses pemencaran biji diawali dengan buah yang dimakan oleh binatang, masuk ke dalam saluran pencernaan, tetapi biji tidak ikut tercerna. Biji hanya terkupas dari kulit buahnya dan akan dibuang bersama dengan feses. Dengan demikian, biji akan tersebar sesuai dengan daya jangkau sebaran binatang yang membawanya. Biji yang keluar bersama feses akan tumbuh menjadi semai dan selanjutnya berkembang bilamana keadaan lingkungan cocok untuk pertumbuhannya. Tidak jarang biji yang sudah dicerna akan lebih mudah tumbuh atau berkecambah dibanding biji yang tidak melalui pencernaan binatang. Proses pemencaran tersebut dilakukan oleh kelompok burung, antara lain merpati, pergam, dan rangkong.



Sumber: Kahono *et al.* 2012

Gambar 106. Persentase *fruit set* pada 10 tandan buah kelapa sawit (kiri) dan proporsi (%) buah terserbuki dan tidak (kanan)

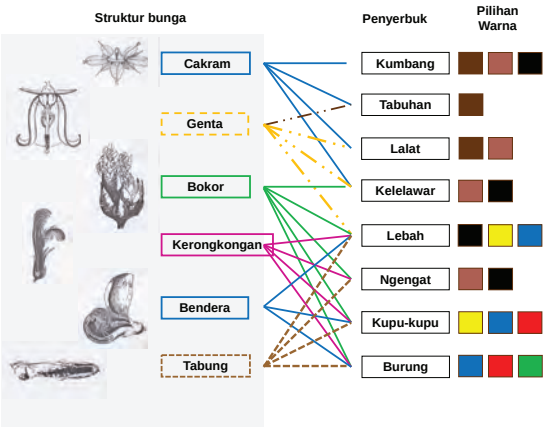
CONTOH LEBAH PENYERBUK

Nomia sp.

Bombus rufipes

Scolia sp.

Foto: Kahono, Arsip Puslit Biologi-LIPI



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 107. Contoh sebagian keselarasan antara cara penyerbukan dan struktur bunga

Beberapa kelompok mamalia juga dikenal sebagai pemencar biji, seperti kelelawar pemakan buah. Namun, kelelawar tidak memakan buah secara utuh, hanya mengisap cairan daging buah, sedangkan bijinya dimuntahkan. Kelelawar yang dianggap membantu pemencaran biji adalah codot seperti codot krawar (*Cynopterus brachyotis)*, codot sulawesi (*Cynopterus luzoniensis)*, dan codot nusa tenggara (*Cynopterus nusatenggara).* Selain kelelawar, monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis)* dan musang luwak (*Paradoxurus hermaphroditus)* juga merupakan contoh jenis yang berjasa dalam penyebaran biji. Proses penyebarannya mirip dengan kelompok burung, yaitu melalui pencernaan dan proses pembuangan feses.

Pada lereng atau tebing-tebing terjal, peranan binatang pemencar biji sangatlah mutlak untuk memencarkan tumbuhan sehingga dapat menghijaukan kawasan tersebut. Sebagai contoh, kerusakan lingkungan akibat letusan Gunung Krakatau pada 115 tahun yang lalu telah meluluh-lantakan sebagian besar kawasan Pulau Krakatau dan pemulihannya terjadi secara alami karena adanya jasa biota (binatang). Di Pulau Krakatau, binatang yang memegang peranan penting adalah kelelawar dan burung. Kelompok kelelawar dan burung memegang peran sangat penting karena mereka membawa biji dari daratan Sumatra dan Jawa.

6.4.3 Mikrob Sebagai Agen Pupuk Organik Hayati

Meskipun penelitian keanekaragaman hayati hanya berfokus pada apa yang terlihat di atas tanah, hasil penelitian akhir-akhir ini juga telah memperlihatkan dengan jelas bagaimana hubungan yang erat antara biodiversitas di atas dan di dalam tanah. Hasil penelitian Wardle *et al.* (2004) menjelaskan bahwa upaya menjaga keanekaragaman jenis tanaman agar tetap tinggi harus diiringi dengan menjaga tingkat keanekaragaman komunitas mikrob yang ada di dalam tanah.

Mikrob, sebagai makhluk pionir dalam sejarah kehidupan di bumi—termasuk yang sangat berperan dalam proses evolusi bumi—merupakan bagian jasad hidup yang memiliki keanekaragaman jenis yang sangat tinggi. Sebagai makhluk hidup yang tidak kasat mata, mikrob mempunyai peran vital dalam setiap kehidupan di bumi, baik secara langsung maupun tidak langsung. Seiring dengan kemajuan teknologi, khususnya pendeteksian pada tingkat molekuler (biome), pemahaman mengenai bagaimana mikrob sangat berperan dalam mengendalikan tingkat kesehatan manusia juga semakin baik. Diperkirakan jumlah bakteri yang hidup dalam usus manusia berjumlah antara 500 sampai 1.000 jenis bakteri dengan berat mencapai 1–3% dari berat badan (Grice *et al.* 2009, McDaugal *et al.* 2012). Berawal dari mikrobiome manusia, kajian mikrobiome tanaman pun berkembang dan telah membawa revolusi pemahaman konsep harmonisasi dan modulasi struktur komunitas mikrob pada ekosistem tanaman.

Keberadaan mikrob mempunyai arti yang sangat penting dalam konsep kehati secara keseluruhan tanpa mikrob tidak akan ada ekosistem yang berkelanjutan (Hawksworth 1992). Pentingnya keanekaragaman mikrob juga tertuang di dalam Konvensi Keanekaragaman Hayati (*Convention on Biological Diversity*/CBD) sebagai sumber informasi genetik (Bull *et al.* 1992). Pemahaman keanekaragaman mikrob banyak bermanfaat untuk mengklarifikasi peran dan fungsi mikrob dalam menjaga ekosistem, meningkatkan kesuburan tanah, dan berperan dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Dari sisi ekonomi, penemuan mikrob dalam industri bioteknologi dapat menghasilkan

PENTINGNYA BIODIVERSITAS MIKROB

- Keberadaannya sangat penting, ditemukan lebih dari 4.000 jenis pada tiap 1 g tanah
- Masih sangat terbatas informasi yang diketahui, dari analisis gen hanya sebagian kecil yang dapat ditumbuhkan dan yang telah dipelajari kurang dari 0,1 %.
- Banyak mikrob yang bersifat menguntungkan dan bertanggung jawab untuk kelestarian lingkungan dan kesehatan tanah dan lebih banyak lagi mikrob yang masih sebatas diketahui potensinya untuk pengembangan inovasi-inovasi baru
- Pola keanekaragaman mikrob dapat digunakan untuk memantau dan memprediksi perubahan lingkungan
- Diversitas mikrob yang belum dimanfaatkan merupakan sumber daya gen baru dan organisme berdaya guna untuk bioteknologi
- Komunitas mikrob merupakan model yang hebat untuk mengungkap dan memahami interaksi biologi dan sejarah evolusi

bahan terapi, probiotik, sintesis bahan kimia, enzim, dan polimer.

Jika produksi pangan global di negara-negara berkembang akan diselaraskan dengan peningkatan jumlah penduduk maka tantangan terbesar bagi tanggung jawab bersama negara-negara maju adalah bagaimana mendorong teknologi produksi pangan secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Bioteknologi yang dikembangkan untuk menunjang program ketahanan pangan selama ini adalah dengan mengembangkan varietas baru yang tahan terhadap penyakit, kekeringan, salinitas, dan peningkatan kandungan nutrisi, baik secara penyilangan konvesional maupun modifikasi genetik. Adapun hal yang telah diabaikan selama ini adalah peran penting dari diversitas dan struktur komunitas mikrob dalam berinteraksi dengan tanaman yang berpengaruh terhadap kesehatan, produktivitas, dan keanekaragaman hayati. Bagaimanapun, dampak dunia mikrob terhadap produktivitas tanaman sudah sangat jelas dirasakan seluruh dunia, yaitu bahwa setiap tahun dunia harus memerangi mikrob penyakit tanaman dengan biaya yang sangat tinggi (jutaan dolar).

Peran penting mikrob dalam perakaran penambat nitrogen dan bakteri lain yang sangat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman juga telah dikenal sejak beberapa dekade lalu. Hal yang kurang dihargai dan dipahami adalah pengaruh struktur dan komunitas mikrob terhadap kesehatan dan pertumbuhan tanaman. Keanekaragaman mikrob juga dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres, memberikan ketahanan terhadap penyakit, ketersediaan hara dan serapan serta meningkatkan keanekaragaman hayati. Struktur komunitas mikrob perakaran memiliki implikasi penting terhadap fungsi tanah dalam ekosistem, termasuk di dalamnya siklus biogeokimia. Demikian pula keanekaragaman mikrob tanah memiliki pengaruh yang sangat besar pada kesehatan dan produktivitas tanaman (Bloemberg & Lugtenberg 2001).

Selain meningkatkan hara tanaman, mikrob tanah juga berperan dalam melindungi tanaman terhadap penyakit. Secara khusus, berbagai bakteri dan jamur, terutama dari marga *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Trichoderma* menghasilkan berbagai produk metabolit yang sangat bermanfaat untuk menanggulangi jamur fitopatogenik (Bloemberg & Lugtenberg 2001, Walsh *et al.* 2001, Raijaamkers *et al.* 2002).

Selain memberikan efek langsung pada pertumbuhan tanaman, mikrob perakaran yang berinteraksi dengan tanaman juga sangat bermanfaat dalam meningkatkan kesehatan tanaman. Fenomena ini dikenal sebagai induksi resistensi sistemik yang muncul ketika interaksi mikrob dengan tanaman terjadi (van Loon *et al.* 1998).

Dengan memahami dasar genetika dari interaksi antara tanaman dengan mikrob dalam konteks bagaimana tanaman menyeleksi mitra populasi mikrob dalam tanah maka dengan pengondisian rizosfer memungkinkan terciptanya sifat yang diinginkan, di samping juga membantu meningkatkan kemampuan tanaman dalam menekan patogen tanaman.

NILAI PENTING SUMBER GENETIKA MIKROB BAGI PERTANIAN DAN PANGAN

- Simbiosis tanaman (misalnya, *Rhizobium* untuk menambat N)
- Penyubur tanaman
- Agen biokontrol
- Agen perombak bahan rancun pencemar lingkungan
- Sebagai sumber gen untuk perbaikan tanaman
- Agen untuk reklamasi lahan terdegradasi
- Sebagai biokatalis dalam proses dan peningkatan nutrisi bahan pangan
- Sebagai biang induk atau ragi dalam fermentasi dan makanan suplemen
- Sebagai bahan ajang inovasi dalam penemuan obat

PERAN MIKROB SEBAGAI KUNCI PENOLONG TANAMAN:

- Mendukung kesehatan tanaman dengan membantu ketersediaan hara
- Meningkatkan pertumbuhan akar
- Menetralkan bahan pencemar di tanah
- Meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen, panas, tergenang air dan kekeringan
- Membantu mengontrol patogen dan predator
- Menjadi mitra yang sangat khusus pada setiap tahapan kehidupan tanaman

Modulasi mikrob yang berinteraksi dengan tanaman dapat meningkatkan kesehatan dan produktivitas tanaman. Selain itu, bakteri bisa secara genetika direkayasa untuk meningkatkan resistensi terhadap penyakit. Dari perspektif negara-negara berkembang, strategi ini sangat menarik sehingga dapat membantu meningkatkan hasil pertanian serta dapat menghindari penambahan biaya sarana produksi dan masalah pencemaran lingkungan yang terkait dengan dampak penggunaan pupuk sintesis anorganik, pestisida, herbisida, dan fungisida.

Meskipun demikian, mengungkap manfaat sebagian besar keanekaragaman mikrob dalam tanah masih merupakan "pekerjaan rumah" para peneliti yang belum dikerjakan, diawali dengan mengidentifikasi terlebih dahulu mikroorganisme dan kemudian melakukan karakterisasi mikroorganisme yang dapat digunakan dalam pertanian. Selain itu, diperlukan juga pendekatan pengetahuan yang terperinci, seperti interaksi sinyal molekul yang terjadi antara tanaman dan mikrob untuk merangsang ekspresi sifat yang diinginkan serta menekan efek yang tidak diinginkan dengan cara yang terkendali. Daftar mikrob utama agen bidang induk (starter) Pupuk Organik Hayati (POH) serta perannya dalam menunjang produksi tanaman disajikan pada Tabel 36.

Pemanfaatan interaksi tanaman dan mikrob membutuhkan sistem terintegrasi. Strategi biologi terkini untuk memahami derajat dan kompleksitas interaksi tanaman inang dengan mikrob ialah melalui penerapan teknologi modern '-omics'. Pertanian modern telah melalui fase yang sama dalam sejarah. Pertama kali revolusi pertanian terjadi di abad ke-18 dimulai dari diperkenalkannya rotasi tanaman untuk mengambil manfaat dengan cara memanipulasi populasi mikrob dalam tanah, meskipun pada waktu itu tidak diketahui mengapa hal tersebut bermanfaat bagi kesehatan tanaman dan pertumbuhan. Revolusi kedua, yang dimulai pada tahun 1960, (disebut juga 'revolusi hijau'), didasarkan pada peningkatan penguasaan teknik pemuliaan tanaman dan pengembangan varietas hibrida seperti yang terjadi sekarang ini termasuk rekayasa genetik tanaman. Namun, hal tersebut tetap memiliki ketergantungan pada penggunaan bahan kimia yang juga berat. Kita sekarang berada di titik puncak tahap ketiga yang akan menggabungkan kedua strategi pendekatan secara holistik dan elegan. Menerapkan pengetahuan tentang manfaat interaksi antara tanaman dan mikrob dalam rhizosfer untuk pemuliaan

Tabel 36. Daftar Mikrob Utama Agen Biyang Induk (Starter) Pupuk Organik Hayati (POH) dan Perannya dalam Menunjang Produksi Tanaman

No.	Aktivitas Mikrob	Manfaat bagi Tanaman	Mikrob yang Terlibat
1	Menambat nitrogen secara bebas dan simbiose	Menyediakan N Meningkatkan produksi	*Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Frankia, Gambar 106. Klebsiella, Pseudomonas, Rhizobium, Azospirillum, Alcaligenes, Azotobacter, Acetobacter, Bacillus, Burkholderia*
2	Produksi fito hormon	Pengaruh positif pada fisiologis dalam proses peningkatan pertumbuhan dan kesehatan tanaman	*Rhizobium, Pseudomonas, Azotobacter, Bacillus, Enterobacter, Alcaligenes Bradyrhizobium, Xanthomonas*
3	Produksi *siderophor*	Meningkatan solubilisasi *besi ion* dan karenanya meningkatan ketersediaan besi untuk tanaman. Juga berkontribusi terhadap penghambatan patogen	*Pseudomonas, Bacillus, Serratia, Rhodococcus, Acinetobacter*
3	Melarutkan fosfat	Konversi bentuk fosfat tidak terlarut, menjadi bentuk yang dapat diakses dan tersedia bagi tanaman.	*Bacillus, Pseudomonas, Rhizobium, Serratia, Kushneria, Rhodococcus, Arthrobacter*
4	Antogonisme patogen	Menghambat patogen tanaman sehingga dapat menekan serangan penyakit	*Pseudomonas, Bacillus, Serratia, Streptomyces*
5	Produksi senyawa dan enzim ketahanan tanaman	Meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan dan penyakit	*Pseudomonas, Bacillus, Serratia*
6	Produksi asam organik		*Pseudomonas, Bacillus, Rhizobium*

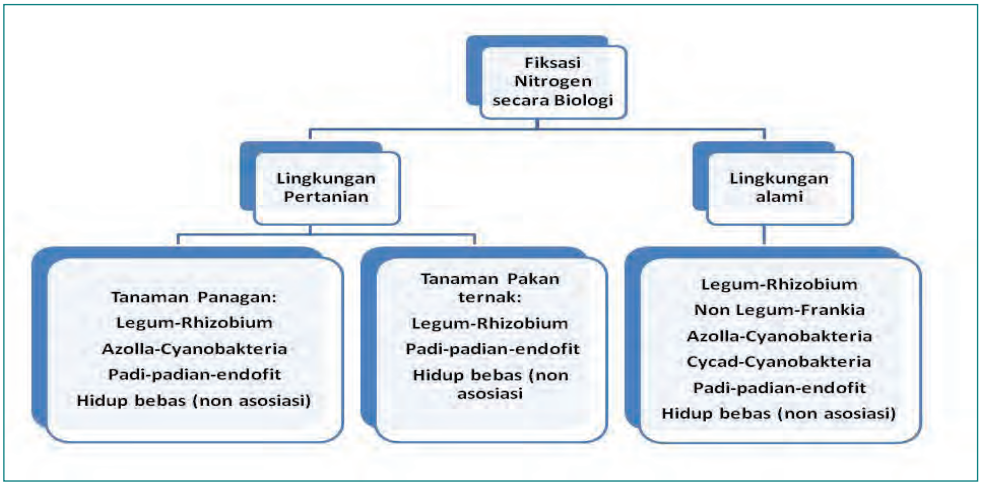
Sumber: Prashar *et al.* 2014

tanaman serta teknologi rekayasa genetika memungkinkan kita untuk meningkatkan produksi pangan sekaligus mengurangi stres pada lingkungan hidup dan tetap menjaga keanekaragaman hayati secara global. Skema cara kerja kelompok mikrob penambat N di alam disajikan pada Gambar 108.

Agen Starter Pupuk Organik Hayati (POH)

Permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat petani adalah ketergantungan akan penggunaan pupuk kimia dan hal ini telah menyebabkan hilangnya kearifan lokal dalam penyiapan dan penggunaan pupuk organik. Ketika petani tidak lagi bisa mandiri dalam menyediakan pupuk organik maka biaya produksi pertanian semakin mahal dan petani lebih memilih membeli pupuk anorganik sintesis dibanding pupuk organik. Dampak dari penggunaan pupuk kimia sintesis anorganik dan bahan kimia agro lainnya adalah terjadinya penurunan kesuburan tanah yang sangat nyata serta merusak sifat kimia dan fisika tanah. Turunnya kesuburan tanah berkaitan erat dengan menurunnya biodiversitas mikrob tanah sebagai pemegang kunci siklus hara dan pengendali hayati hama serta penyakit.

Kajian bersama beberapa instansi, seperti LIPI, Litbangtan, IPB, BPPT, dan Unpad di bawah payung kerja sama Komite Inovasi Nasional (KIN) pada skala demplot penggunaan pupuk hayati berbasis mikrob penyubur perakaran (Tabel 37) menunjukkan peningkatan produksi pada komoditas kedelai, padi, cabe, jagung, bawang merah, dan kentang.



Gamabr 108. Skema cara kerja kelompok mikrob penambat N di alam

Tabel 37. Daftar Mikrob Penambat N Bebas yang Dikoleksi dan Dimanfaatkan untuk Mendukung Pertumbuhan Tanaman Kedelai

No.	Jenis (kalau ada)	Kegunaan atau Aktivitas	Target Produk	Daerah Asal Isolat
1.	*Bradyrhizobium yuanmingense*	Penambat nitrogem	Agen pupuk hayati dan penghasil hormon IAA	Perkebunan kedelai , Jawa Tengah
2	*Rhizobium miluonense*	Penambat nitrogen	Agen pupuk hayati	Perkebunan kedelai edamame, Jawa Barat
3	*Rhizobium tropici*	Penambat nitrogen	Agen pupuk hayati	Tanaman mangium, Jawa Barat
4	*Azospirillum brasilense*	Penambat nitrogen	Agen pupuk hayati	Tanaman padi, Jawa Barat

Sumber: Puslit Bioteknologi LIPI 2014

Tabel 38. Mikrob Tanah yang Digunakan sebagai Agen Starter Pupuk Organik Hayati (POH) LIPI

Fungsi Mikrob	Jenis Mikrob
Mikrob perombak bioamasa	*Trichoderma, Aspergillus, Bacillus*
Mikrob penghasil hormon tumbuh	*Bacillus, Pseudomonas, Stenotrophomonas, Burkholderia, Ochrobactrum*
Mikrob pelarut Fosfat	*VA-Mycorhiza, Streptomyces, Bacillus, Burkholderia*
Mikrob penambat Nitrogen	*Rhizobium, Azospirillum, Azotobacter, Klebsiella*
Mikrob agen biokontrol	*Bacillus, Chrysobacterium, Trichoderma, Fusarium, Streptomyces*
Mikrob perombak pestisida	*Burkholderia, Pseudomonas, Rhodococcus*

Bermodalkan isolat unggul terseleksi dengan multiaktivitas sebagai agen biyang induk POH maka inovasi dengan pemanfaatan bahan organik lokal dan murah lagi berkualitas sebagai bahan yang difermentasikan oleh biyang induk menghasilkan POH berkualitas yang memungkinkan untuk diadopsi, baik oleh masyarakat petani maupun industri (Antonius & Agustiyani 2011, Antonius *et al.* 2011, dan Antonius *et al.* 2012).

Berdasar fungsinya, mikrob tanah unggulan terseleksi yang digunakan sebagai agen starter pupuk organik hayati (POH) LIPI adalah seperti dalam Tabel 38.

Teknologi POH Beyonic StarTmik telah diadopsi oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Ngawi Jawa Timur dan Kabupaten Malinau, Kalimantan Utara serta oleh masyarakat petani secara mandiri di Cimelati, Sukabumi, Jabar; Kecamatan Selogiri, Slogoimo, Ngadirojo, Giriwoyo, kabupaten Wonogiri; Sampung, Kecamatan Sampung, Ponorogo. Laporan petani menunjukkan bahwa aplikasi POH Beyonic StarTmik dapat meningkatkan hasil panen sekitar 15–30% meskipun penggunaan pupuk sintesis kimia anorganik diturunkan antara 15–30%.

Dari uraian tersebut, dapat diinformasikan bahwa keanekaragaman mikrob tanah mempunyai peran yang vital dalam menjaga fungsi ekosistem tanah guna mendukung produktivitas tanaman. Sangat jelas bahwa jenis komponen dan kelompok yang menyusun struktur komunitas mikrob sebagai bagian biodiversitas secara umum di dalam tanah bekerja secara sinergis dalam menjaga dan meningkatkan kesuburan tanah, mengendalikan patogen, meningkatkan ketahanan tanaman, dan pada akhirnya meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan.

Pada kenyataannya, pemahaman konsep peran holistik mikrob dalam peningkatan produktivitas pertanian dalam menuju ketahanan pangan masih sangat minim. Oleh karena itu, baik pada level penelitian maupun upaya pemasyarakatannya, secara teknologi modern dan terintegrasi harus terus ditingkatkan.

6.4.4 Peran Mikrob dalam Mengatasi Pencemaran Lingkungan

Eksploitasi sumber daya dengan cara-cara yang melampaui potensi pemulihan alami akan memengaruhi ketersediaan jasa lingkungan di masa mendatang. Jika terus berlanjut, aset sumber daya lingkungan akan menurun tajam dan jasa lingkungan yang saat ini dapat diperoleh secara cuma-cuma tidak lama lagi akan hilang. Jasa lingkungan didefinisikan sebagai penyediaan, pengaturan, penyokong proses alami, dan pelestarian nilai budaya oleh suksesi alamiah dan manusia yang bermanfaat bagi keberlangsungan kehidupan.

Masyarakat umum masih belum memahami jika tanah, udara, air, kayu, makanan, dan obat-obatan yang mereka perlukan berasal dari jasa ekosistem. Tanah yang kita gunakan untuk pertanian berasal dari proses panjang aktivitas serangga dan mikrob tanah yang dengan konsisten mengurai sampah dan kotoran menjadi tanah subur yang penuh nutrien. Polutan organik dan anorganik sebagai limbah pertanian, peternakan, dan industri dapat diubah menjadi ramah lingkungan dan bahkan bisa dimanfaatkan. Hal tersebut tidak akan bisa terjadi tanpa peran aktivitas mikrob.

Tingkat pencemaran lingkungan semakin meningkat seiring peningkatan jumlah penduduk dengan segala kemajuan di bidang industri. Mikrob dengan kemampuan aktivitas biokatalisnya telah dan terus

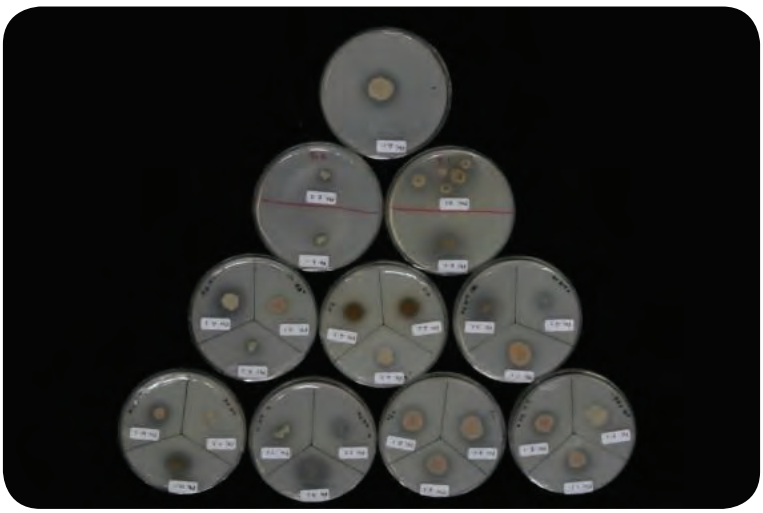


Foto: Puslit Biologi-LIPI, 2014
Isolat murni bakteri pelarut Fosfat (atas). Zona bening pada media pikovskaya sebagai indikasi pelarutan P dan pada uji kecambah kontrol (tanpa mikrob kandidat POH) pertumbuhannya paling jelek

APLIKASI POH PADA BIDANG PERTANIAN

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014

menjadi harapan dalam membantu solusi untuk menjaga dan mengatasi persoalan lingkungan terkait masalah pencemaran. Mikrob telah berperan memberi dampak positif terhadap kesehatan dan melindungi lingkungan dari ancaman pencemaran. Aktivitas mikrob dimanfaatkan untuk mengolah limbah rumah tangga dan industri dengan tujuan meningkatkan efektivitas proses perombakan bahan polutan, dibandingkan dengan hanya mengandalkan metode kimia dan fisika. Aplikasi pemanfaatan mikrob sangat erat dengan pemecahan permasalahan perombakan limbah pertanian (biomas) dan rumah tangga, pengolahan/bioremediasi pencemaran bahan kimia agro (residu pupuk kimia dan pestisida), pencemaran limbah industri (tekstil) serta pencemaran minyak (hidrokarbon).

Indonesia merupakan negara agraris yang menghasilkan limbah agro (biomas) cukup tinggi. Beberapa limbah organik, misalnya limbah tandan kosong kelapa sawit, mengandung lignin dan selulosa yang cukup tinggi. Hal ini menyebabkan limbah tersebut sangat lambat dalam mengalami perombakan. Dengan mengoptimalkan peran mikrob penghasil enzim perombak lignin dan selulosa yang dikombinasikan dengan beberapa teknik modifikasi kondisi suasana reaksi serta penambahan bahan tertentu maka proses perombakan limbah kelapa sawit tersebut menjadi lebih cepat dan dapat menghasilkan pupuk organik yang sangat bermanfaat. Hal yang sama juga terjadi pada limbah perikanan (udang) yang mengandung kitin. Untuk mempercepat proses perombakan, diperlukan enzim kitinase dan beberapa mikrob yang mampu menghasilkan enzim tersebut. Secara umum, limbah perikanan dan limbah agro lainnya juga mengandung protein sehingga sangat diperlukan mikrob yang memiliki kemampuan merombak protein, yaitu mikrob yang dapat memproduksi enzim protease dengan aktivitas yang tinggi.

Pada Tabel 39 dapat dilihat daftar beberapa mikrob yang telah berhasil diisolasi dan dimanfaatkan untuk mempercepat proses perombakan limbah agro dan limbah perikanan. Jika kita mengingat tingginya efektivitas kemampuan mikrob-mikrob yang berhasil diisolasi dan dikulturkan untuk berbagai aplikasi pemecahan masalah lingkungan maka dapat disimpulkan bahwa baru sebagian kecil saja potensi yang telah dipelajari mengenai keanekaragaman mikrob dari ekosistem yang ada.

Praktik pertanian intensif yang mengandalkan penggunaan bahan kimia agro (pestisida dan pupuk sintesis anorganik) telah menimbulkan dampak residu pestisida terhadap kelimpahan dan aktivitas mikrob tanah sehingga dapat mengganggu siklus hara dan merusak kesuburan tanah. Pada Tabel 39 ditampilkan juga beberapa mikrob tanah yang bisa dimanfaatkan untuk membantu perombakan pestisida dan siklus hara, misalnya nitrogen. Penggunaan pupuk kimia

Tabel 39. Mikrob Bermanfaat untuk Agen Pupuk Organik Hayati (POH) dan Lingkungan

No	Mikrob	Aktivitas	Target produk	Asal
1	*Aspergillus niger* PS1.4	Perombak selulosa, perombak pestisida deltametrin, penghasil IAA, pelarut fosfat, tumbuh pada media air laut 100%	POH daerah salinitas tinggi dan agen bioremediasi	Perakaran tanaman nangka di Sukabumi
2	*Penicillium* sp R7.5	Perombak lignin, perombak pestisida deltametrin, penghasil IAA, pelarut fosfat, tumbuh pada media air laut 100%	POH daerah salinitas tinggi dan agen bioremediasi	Tanah gambut di Rasaujaya, Kalimantan Barat
3	*Bacillus subtilis*	Protease, Perombak protein	Protease	Susu rendah lemak, Bogor
4	*Bacillus amyloliquefaciens*	Protease	Protease	Dadih, Sumbar
5	*Bacillus licheniformis*	Kitinase	Kitinase, Kitooligosakarida (prebiotik)	Sumber air panas Gunung Pancar, Bogor
6	*Paenibacillus polymixa*	Kitinase	Kitinase, Kitooligosakarida (prebiotik)	Sumber air panas Gunung Pancar, Bogor
6	*Streptomyces calvus*	Kitinase	Kitinase, Kitooligosakarida (prebiotik)	Tanah, NTT
7	*Aspergillus* sp.	Kitinase	Kitinase, N-asetilglukosamina	Koleksi LIPI MC
8	*Trichoderma harzianum* W 34A1	Perombak kitin	Enzim kitinase	Serasah bakau, Waigeo Kepulauan Raja Ampat, Papua Barat
9	*Trichoderma harzianum* W 34A1	Perombak kitin	Enzim kitinase	Serasah bakau, Waigeo Kepulauan Raja Ampat, Papua Barat
10	*Rhodococcus pyridinivorans*	Pendegradasi Insektisida	Agen remidiasi	Perkebunan nanas di Bandar Jaya, Lampung Tengah
11	*Ochrobacterium intermedium*/anthropi ID DSM/insolitas	Perombak Insektisida	Agen remidiasi	Perkebunan nanas di Bandar Jaya, Lampung Tengah
12	*Pseudomonas aeroginosa* PAO, 1H	Perombak Insektisida	Agen remidiasi	Perkebunan nanas di Bandar Jaya, Lampung Tengah
13	*Achromobacter denitrificans* strain, IA	Perombak Insektisida	Agen remidiasi	Perkebunan nanas di Bandar Jaya, Lampung Tengah
14	*Micrococcus luteus* MCTC 2665/DSM 20030, IC	Perombak Insektisida	Agen remidiasi	Perkebunan nanas di Bandar Jaya, Lampung Tengah
15	*Pseudomonas chronellolis* DSM 50332, IB	Perombak Insektisida	Agen remidiasi	Perkebunan nanas di Bandar Jaya, Lampung Tengah
16	*Stenotrophomonas maltophilia* , IG	Perombak Insektisida	Agen remidiasi	Perkebunan nanas di Bandar Jaya, Lampung Tengah
17	Oceanobacter kriegii	Perombak Alkana	Agen remidiasi	Air laut pulau Pari
18	Alcanivorax borkumensis strain SK2	Perombak Alkana	Agen remidiasi	Air laut pulau Pari
19	*Bacillus* sp. CPNS	Denitrifikasi (mempunyai gen nirK dan nosZ)	Agen siklus N	Lahan pertanian di Cipanas
20	*Bacillus thuringiensis*, UPT1	Denitrifikasi (mempunyai gen nirK dan nosZ)	Agen siklus N	Tanah percobaan diberi perlakuan pestisida
21	*Brevundimonas diminuta*, EA	Denitrifikasi (mempunyai gen nirK dan nosZ)	Agen siklus N	*Sludge* dengan perlakuan pemberian Asetat
22	*Bacillus* sp. UPSB	Denitrifikasi (mempunyai gen nirK dan nosZ)	Agen siklus N	Tanah percobaan diberi perlakuan pestisida

sintesis Urea (sumber N) sering menimbulkan pencemaran perairan dengan menyebabkan proses eutrofikasi. Oleh karena itu, aplikasi mikrob yang berperan dalan proses siklus N (Nitirifikasi/Denitrifikasi) dapat mengembalikan N menjadi N_2 yang bersahabat terhadap lingkungan (Tabel 39).

Kemampuan mikrob dalam merombak pencemaran minyak bumi (hidrokarbon) telah banyak dipelajari. Mikrob-mikrob yang berkemampuan merombak polutan minyak bumi tersebut diisolasi dari berbagai ekosistem, baik ekosistem yang tercemar minyak maupun lingkungan umum. Harwati *et al.* (2007) berhasil mengisolasi 153 galur mikrob yang berkemampuan merombak minyak dari sampel air di pelabuhan Semarang. Berdasarkan identifikasi analisis sekuen 16S rRNA, diketahui bahwa galur-galur tersebut termasuk dalam 67 filotipe yang berafiliasi dengan *Alphaproteobacteria* (111 strain/44 filotipe), *Gammaproteobacteria* (8/8), dan *Actinobacteria* (34/15). Hal yang menarik ialah banyak dari mikrob-mikrob tersebut tidak termasuk dalam golongan mikrob perombak hidrokarbon. Hasil riset ini mengindikasikan bahwa potensi untuk menemukan mikrob-mikrob perombak hidrokarbon yang belum pernah dikenal sebelumnya masih sangat besar.

Mekanisme perombakan minyak bumi oleh mikrob jamur, bakteri, dan *yeast* yang telah banyak dipelajari sebagian besar diisolasi dari lingkungan yang memiliki empat musim, sedangkan yang berasal dari lingkungan tropik masih sangat jarang.

Metode biologi untuk mengatasi masalah pencemaran mempunyai peluang yang sangat besar untuk dikembangkan dibandingkan metode remediasi secara fisika-kimia yang cenderung tidak efektif dan mahal. Meskipun demikian, sampai saat ini hanya sebagian kecil dari total keragaman mikrob, khususnya isolat mikrob, yang dapat dikuklturkan dengan potensi metabolismenya, yang telah dimanfaatkan untuk tujuan ini.

Eksplorasi sumber daya genetika mungkin saja dapat memperbaiki masalah pencemaran bahan kimia yang susah dirombak atau bahkan tidak bisa dirombak sama sekali yang selama ini bergantung pada aktivitas mikrob yang dapat dikulturkan. Kemajuan terbaru dalam genetika molekular dan bioperombak dengan metode berbasis pengetahuan modifikasi protein memberikan wawasan yang detail dalam pengembangan biokatalis untuk restorasi lingkungan.

Penerapan mikroorganisme rekayasa genetika (GEMS) di lingkungan telah dibatasi. Hal ini dilakukan karena adanya risiko yang terkait dengan pertumbuhan tidak terkendali dan proliferasi biokatalis serta transfer gen horizontal. Pemrograman kematian cepat agen biokatalis segera setelah menipisnya polutan bisa meminimalkan risiko dalam mengembangkan teknologi ini untuk menunjang kesuksesan dalam bioremediasi.

6.4.5 Strategi Pengelolaan Jasa Lingkungan

Pengelolaan hutan berjalan linier dengan produk dari jasa lingkungan itu sendiri. Jasa lingkungan yang dihasilkan dapat memberikan manfaat yang berkelanjutan. Untuk melakukannya perlu ada strategi pengelolaan jasa lingkungan. Setiap pemanfaatan jasa lingkungan membutuhkan insentif atau kompensasi untuk masyarakat yang mengelola dan menghasilkan jasa lingkungan tersebut. Kompensasi ini diharapkan dapat mengubah perilaku masyarakat dalam mengelola lahan secara lestari dan berkelanjutan.

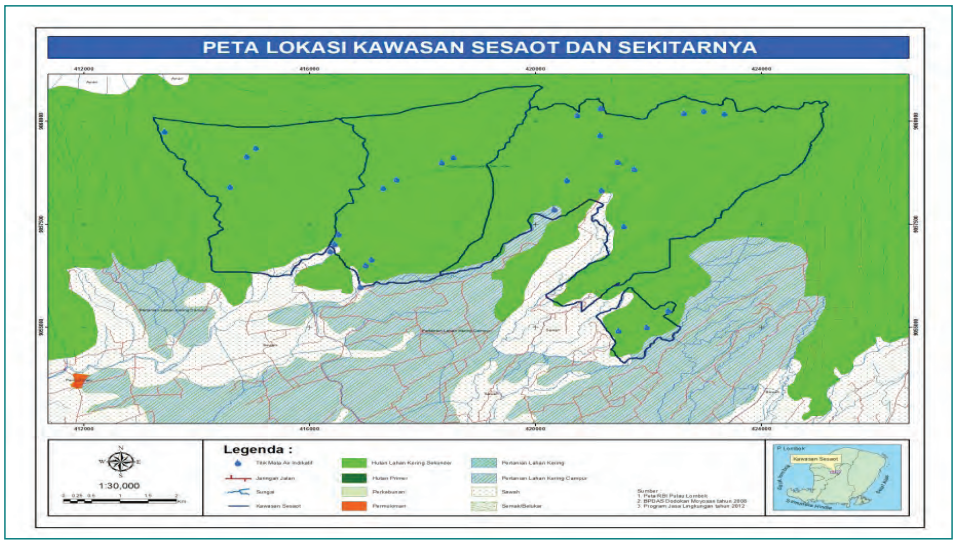
Salah satu jasa lingkungan yang cukup strategis dan vital adalah air. Hampir seluruh mahluk hidup di bumi memerlukan air untuk kehidupannya. Jumlah volume air di dunia adalah sekitar 1,4 triliun km^3 dengan komposisi air asin 97,5% dan 2,5% sisanya terbagi mulai dari air sungai, air tanah, rawa, danau, gletser hingga salju abadi. Saat ini, kebutuhan air terus meningkat. Kondisi ini tidak seimbang dengan siklus hidrologi yang cenderung konstan. Peningkatan kebutuhan air diakibatkan oleh pertambahan jumlah penduduk yang mengikuti deret eksponensial. Pertambahan ini mengubah kawasan hutan (konversi) yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air menjadi pemukiman, perkebunan, dan pertambangan. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian yang mengungkapkan bahwa dalam beberapa dekade terakhir, tutupan hutan Indonesia terus menurun. Diperkirakan sejak tahun 1990 hingga 2000, sekitar 17,8 juta hutan Indonesia hilang dengan laju deforestasi 1,78 juta ha/tahun (Whitten *et al.* 2001, Hansen *et al*. 2010, Miettinen *et al*. 2011).

Pemulihan fungsi hutan secara bertahap sebagai daerah resapan air dapat dilakukan dengan melakukan restorasi kawasan hutan. WWF Indonesia melakukan restorasi kawasan hutan dengan menanam pohon di daerah hulu Gunung Rinjani dalam upaya untuk mencegah dan memulihkan lahan kritis di hulu yang berfungsi sebagai kawasan resapan air. Hingga saat ini sudah lebih dari 650 ha lahan kritis tangkapan air yang ditanami pohon (Gambar 109).

Kegiatan koordinasi antara pemerintah, swasta, dan masyarakat dalam mengimplementasikan pembayaran jasa lingkungan sebagai kompensasi pemanfaatan air di sekitar TN Gunung Rinjani dilakukan oleh WWF Indonesia. Peraturan Daerah No. 4 tahun 2007 tentang Pengelolaan Jasa Lingkungan salah satunya mengatur pembayaran jasa lingkungan, yakni sebesar Rp1.000 bagi pelanggan PDAM di Lombok Barat. Hingga tahun 2013, institusi multipihak (IMP) sudah merealisasikan dana untuk perbaikan kawasan hutan yang digunakan sebagai pembibitan tanaman kayu dan buah (367.944 bibit) serta merestorasi lahan kritis seluas 650 ha. Dengan adanya kompensasi sukarela dalam skema pembayaran jasa lingkungan, masyarakat di daerah hulu pegunungan akan melestarikan hutannya dan tidak menebang pohon secara berlebihan. Dengan demikian, hutan akan terjaga dan pasokan air bersih akan tersedia untuk masyarakat di hilir (perkotaan) (Gambar 110).

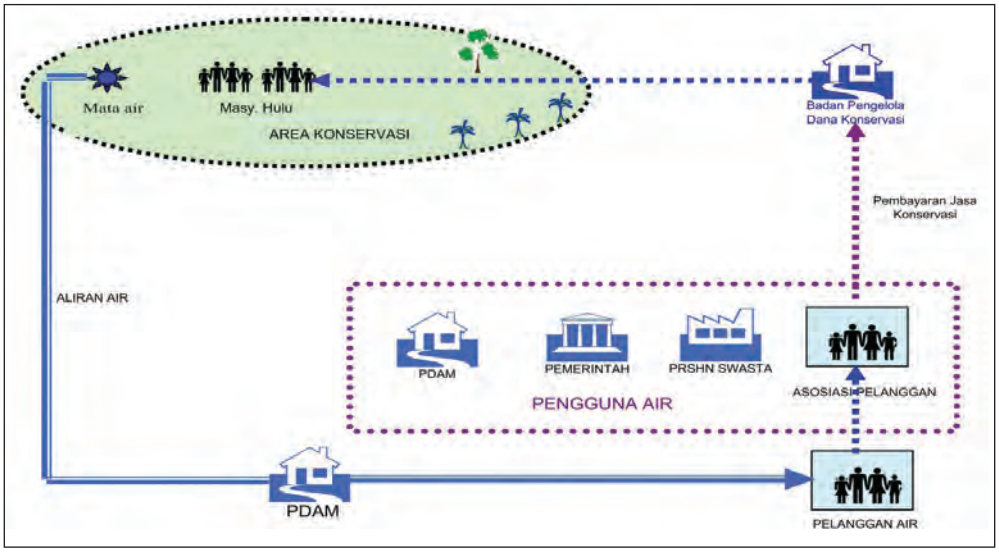
Tidak dapat dimungkiri bahwa sebagian masyarakat di Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara mengalami krisis air. Masyarakat kesulitan mendapatkan air bersih karena terjadinya alih fungsi lahan. Hal ini juga menyebabkan beberapa daerah kekeringan di musim kemarau dan banjir di musim penghujan. Dengan berjalannya skema jasa lingkungan yang memberikan kompensasi sukarela kepada penyedia jasa lingkungan (air), diharapkan masyarakat dapat mengakses air bersih yang berkualitas. Selain itu, masyarakat penyedia jasa lingkungan juga dapat mengelola ekosistem DAS daerah hulu (perlindungan tata air seluruh DAS) dengan lestari. Dengan demikian, penerapan skema pengelolaan jasa lingkungan menjadi indikator untuk memadukan nilai ekologi dan kompensasi ekonomi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang disertai aspirasi budaya lokal.

Pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan yang lestari menjadi cara yang efisien dan efektif untuk meningkatkan kesejahteraan dan kemajuan manusia menuju pembangunan berkelanjutan. Hutan merupakan salah satu sumber daya alam yang lengkap. Di sisi lain, ada interaksi flora dan fauna yang dapat menyeimbangkan ekosistem secara regional dan global sehingga menghasilkan keanekaragaman hayati yang disertai bentangan alam (lanskap). Sejauh ini, tidak banyak pihak di Indonesia yang dapat memberikan nilai riil dari keanekaragaman hayati ataupun



Sumber: WWF Indonesia

Gambar 109. Titik mata air dan area restorasi di kawasan hutan Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat



Sumber: WWF Indonesia

Gambar 110. Bagan alur jasa lingkungan air di Lombok

PROYEK PERCONTOHAN DAN PENGEMBANGAN EKOWISATA

Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat mendeklarasikan daerahnya sebagai Kabupaten Konservasi. Di dalamnya terdapat koridor yang diapit oleh dua taman nasional, yakni TN Betung Kerihun dan TN Danau Sentarum. Kondisi ini menguntungkan menyebabkan Kabupaten Kapuas Hulu yang memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi dan kearifan lokal yang dapat dipertahankan.

Desa Melemba adalah salah satu desa yang ditetapkan sebagai desa wisata. Lokasi desa ini berada di dalam koridor Kapuas Hulu. Berbagai lembaga nonpemerintah dan pemerintah terlibat langsung dalam pengembangan desa ini menuju konsep desa ekowisata dengan baik dan tepat. Berbagai paket wisata sudah dipersiapkan untuk memberikan hiburan kepada wisatawan yang datang.

Atraksi utama antara lain penelusuran dan petualangan hutan, pertunjukan seni budaya berupa tarian, musik, dan kerajinan tradisional serta rumah panjang. Akomodasi bagi wisatawan berupa rumah tinggal di semua desa dan rumah panjang. Pengelolaan lokal ditangani oleh KOMPAKH di Putussibau dan panitia ekowisata di tingkat desa. Tersedia akses darat atau transportasi udara dari Pontianak. Bisa juga menggunakan perahu dari Putussibau ke kawasan taman nasional. Materi promosi adalah *website* (KOMPAKH), *leaflet*, dan buku panduan perjalanan. Kemitraan dengan perusahaan asing dilakukan dengan operator perjalanan Jerman.

keindahan lanskap, sedangkan beberapa negara yang memiliki hutan tropik yang luas sudah memberikan nilai (kompensasi) sekitar $10–$20 (misalnya tiket masuk di Taman Nasional Hutan Tijuca Gunung Corcovado, Brasil yang dihargai $16). Di Indonesia, setiap turis lokal yang masuk ke Taman Nasional hanya dibebani Rp2.500–Rp15.000 (kurang lebih $1,25). Hal tersebut sangat menyedihkan mengingat sebuah ekosistem hutan yang menjadi kebergantungan banyak mahluk hidup hanya mendapatkan dana pemulihan ekosistem sekecil itu. Peranan ekosistem hutan sangatlah penting, tetapi di Indonesia hutan tidak memiliki nilai yang tinggi. Di pihak lain, banyak orang yang menghargai sebuah permata dengan nilai tinggi padahal tidak sepenuhnya esensial untuk kehidupan.

Ekosistem hutan memberikan banyak manfaat untuk manusia. Salah satunya adalah keanekaragaman hayati dengan jasa sosial-budaya yang memiliki keindahan untuk dinikmati. Beberapa daerah di Indonesia sering kali menggabungkan paket ekowisata dengan persembahan kearifan lokal masyarakatnya. Ini membuktikan keanekaragaman hayati memberikan keragaman produk yang bisa dipadukan dalam pelestariannya. Yang dimaksud ekowisata adalah perjalanan wisata

yang dikemas secara profesional, terlatih dan dibarengi dengan unsur pendidikan; di dalamnya terdapat pula pengenalan budaya dan partisipasi kearifan lokal dalam melestarikan sumber daya alam dan lingkungan (TIES 2006). Banyak daerah yang memiliki tujuan ekowisata yang menarik dan berkontribusi pada Pendapatan Asli Daerah (PAD), contohnya Taman Nasional Tanjung Puting, Taman Nasional Laut Bunaken, dan Taman Nasional Komodo. Tidak dapat dimungkiri bahwa pengembangan ekowisata di Indonesia masih berada di sekitar kawasan konservasi yang didominasi oleh Taman Nasional (USAID 2004) (Tabel 40). Taman Nasional sendiri memiliki kompetensi normatif untuk pengelolaan ekosistem dan pemanfaatan jasa lingkungan.

Perlu ada alternatif pengelolaan sumber daya alam selain dari pemanfaatan fisik. Kerusakan sumber daya alam dan lingkungan menandakan bahwa Indonesia belum mampu mengelola ekosistem sehingga diperlukan pemanfaatan ikutan yang relatif mudah dan didukung oleh regulasi yang jelas. Ekowisata, selain memberikan penghargaan pada jasa keanekaragaman hayati, juga mendukung pelestarian budaya lokal yang saat ini secara perlahan mulai hilang ditelan zaman. Menurut Ardiwidjaja (2006), potensi wisata di Indonesia cukup besar jika dapat dikemas dengan baik sebagai paket wisata. Hal ini akan menjadi cara jitu untuk mempertahankan budaya lokal sekaligus konservasi ekosistem.

Tabel 40. Pemanfaatan jasa lingkungan Taman Nasional di Jawa untuk Ekowisata

No.	Produk dan Jasa Ekowisata	Taman Nasional			
		Bromo Tengger Semeru	Meru Betiri	Baluran	Alas Purwo
1	Pemandangan dan atraksi lingkungan dan budaya	Flora dan fauna; lautan pasir, matahari terbit; savanna, ranu pane, ranu kumbolo, air terjun (trisulo dan pelangi), budaya Tengger, upacara kasodo dan karo	Flora dan fauna; Gunung Meru Betiri, Teluk hijau, Teluk Permsan, Teluk Damai; habitat dan pembiakan penyu di pantai Sukamade, Pantai Rajegwesi	Flora dan fauna; Gunung Baluran dan kalderanya, Gunung Klosot, Gunung Priuk, Gunung Glenseran, Gunung Kakapa, Gunung Motor	Flora dan fauna; pantai trianggulasi, plengkung, pasir gotri; Goa Istana, Goa Putri, Goa Padepokan, budaya Blambangan, pura Hindun
2	Manfaat lanskap	Pendakian Gunung Semeru, Bromo, Widodaren, Batok, *offroad*, *trekking* lautan pasir, *trekking* savanna, paralayang	Menjelajahi hutan di Teluk Hijau, *trekking* Bande alit-Sukamade (3 hari), panjat tebing, wisata bahari, kampong nelayan tradisional	Wisata bahari, memancing, kamo meyusuri pantai, menyelam/*snorkeling* di Bama, Balanan, Bilik; mendaki gunung Baluran, *trekking* savana	Selancar di Plengkung, jelajah hutan, mengamati banteng di sedengan, *trekking* Trianggulasi, Plengkung
3	Akomodasi dan fasilitas layanan pendukung	Hotel, restoran, pondok wisata di Ngadisari dan Ranu pane, *camping ground*	Wisma peneliti, pondok wisata, menara pandang, *camping ground*	Wisma peneliti, kantin, menara pandang di Bekol dan Samiang untuk pengamatan satwa, *camping ground*	Wisma peneliti, pondok wisata, menara pandang di Sedengan, *shelter*, *camping ground*
4	Peralatan dan perlengkapan	Pemandu wisata, sewa kuda, motor, ojek, *offroad*	Pemandu wisata, motor jagawana	Pemandu wisata, motor ojek/jagawana	Pemandu wisata, motor ojek, sewa perahu, sewa alat selancar, motor jagawana
5	Pendidikan dan keterampilan	Penelitian kearifan lokal	Penelitian penyu, ekspedisi harimau jawa	Penelitian kerbau liar	Penyelamatan banteng, penyu dan sawo kecik
6	Penghargaan, prestasi konservasi atau layanan	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada

Sumber: Nugroho & Negara 2008

Ekowisata sebagai produk jasa lingkungan dapat memberikan kesejahteraan bagi masyarakat dalam bentuk partisipasi, edukasi, dan ekonomi sehingga perlu dipelajari beberapa aspek kunci dalam ekowisata berbasis masyarakat, yaitu

a) Masyarakat membentuk lembaga untuk pengelolaan kegiatan ekowisata di daerahnya dengan dukungan dari pemerintah dan organisasi masyarakat.
b) Pengelolaan dan kepemilikan dilakukan oleh masyarakat setempat, terutama terhadap sarana dan prasarana ekowisata, kawasan ekowisata, dan sebagainya.
c) Kegiatan tinggal bersama dengan masyarakat setempat (*home stay*) akan memberikan nilai ekonomi positif dan edukasi bagi masyarakat setempat.
d) Pemandu adalah orang setempat.
e) Perintisan, pengelolaan, dan pemeliharaan obyek wisata menjadi tanggung jawab masyarakat setempat termasuk penentuan biaya untuk wisatawan.

HUTAN SEBAGAI SALAH SATU PENYEDIA AIR UNTUK KEBUTUHAN SEHARI HARI PENDUDUK DESA BAWAN KALIMANTAN TENGAH

Foto: Rahajoe, 2009

Seiring dengan berkembangnya pembangunan di wilayah Kalimantan Tengah dan menurunnya kualitas air di Sungai Kayahan maka penduduk Desa Bawan memanfaatkan sumber mata air yang berasal dari salah satu kawasan hutan kerangas.

Mimosa pigra
Puslit Biologi LIPI | 2013

LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan
Pembangunan Nasional

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 7
JENIS ASING INVASIF

BAB 7 | JENIS ASING INVASIF

Keanekaragaman hayati yang ada di seluruh dunia saat ini mengalami berbagai ancaman. Salah satu ancaman itu disebabkan oleh keberadaan jenis-jenis asing invasif. Pengaruh jenis-jenis asing invasif terhadap suatu ekosistem sangat besar sehingga membahayakan. Jenis-jenis tersebut berkompetisi dan mendesak jenis-jenis asli, mengubah ekosistem alami, dan menyebabkan terjadinya degradasi dan hilangnya suatu jenis bahkan habitat (Anonim 2000). Sejak dahulu, Indonesia merupakan wilayah terbuka bagi banyak jenis tumbuhan. Sebagai contoh, jati (*Tectona grandis*) masuk ke Indonesia sejak abad ke-15 atau bahkan lebih awal, yaitu abad ke-10 (Boomgaard 1988). Tumbuhan asing yang didatangkan ke Indonesia pada mulanya ditujukan untuk sesuatu yang bermanfaat. Sebagian menjadi komoditas penting bagi perkebunan, seperti karet, kelapa sawit, kopi, kakao, dan masih banyak lagi. Juga penting bagi pertanian, seperti padi, jagung, dan sayur-sayuran. Jenis-jenis tumbuhan yang dimasukkan ke kawasan konservasi, misalnya ke kebun raya, taman nasional, dan hutan lindung, pada awalnya bertujuan untuk penganekaragaman jenis dan untuk keperluan penelitian.

7.1 Pengertian Jenis Asing dan Invasif

International Union for Conservation of Nature (IUCN) mendefinisikan Jenis Asing Invasif (JAI) sebagai suatu populasi jenis biota yang tumbuh dan berkembangbiak di habitat atau ekosistem alami maupun bukan aslinya. Jenis invasif tersebut dapat berperan sebagai agen perubahan ekosistem, namun akhirnya mengancam keberadaan biota pada suatu ekosistem (Anonim 2000). The Invasive Species Advisory Committee (ISAC) mendefinisikannya sebagai jenis introduksi ke dalam ekosistem lain dan menyebabkan kerugian ekonomi atau kerusakan lingkungan atau membahayakan kesehatan manusia (Anonim 2006). CBD (2014) memberikan definisi jenis-jenis asing invasif lebih sederhana, yaitu sebagai jenis introduksi yang menyebar keluar dari habitat aslinya sehingga keberadaannya mengancam keanekaragaman hayati. Dalam buku ini definisi JAI adalah sesuai dengan IUCN dan CBD.

Beberapa jenis asing di daerah sebaran aslinya tidak invasif, populasinya tidak bisa terus meningkat secara berlebihan karena terkontrol oleh musuh alaminya. Meskipun demikian, ketika jenis asing ini keluar dari daerah sebaran

aslinya karena tidak terkontrol oleh musuh alami yang tidak dijumpai di habitat baru maka jenis asing ini akan menjadi invasif ketika menemukan lingkungan yang sesuai.

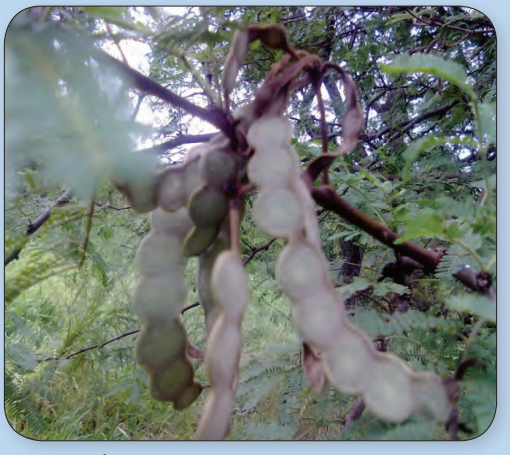
Dalam tatanan ekosistem, anggota JAI berevolusi bersama sehingga berbagai jenis tumbuhan berbagi sumber daya dan hidup berdampingan dalam relung masing-masing. Namun, ketika keserasian ekosistem yang terganggu, baik karena peristiwa alam maupun ulah manusia maka ketersediaan sumber daya dalam ekosistem bagi komponen biologis berubah. Jenis tumbuhan yang sebelumnya terkendala dalam keseimbangan alam, ketika kendala itu mengecil dia akan memanfaatkan sumber daya untuk tumbuh dan berkembang biak menjadi dominan, berkompetisi mengalahkan jenis tumbuhan lainnya, dan ini menjadi invasif.

Pemahaman jenis asing bagi Indonesia tidak membatasi jenis yang datang dari luar negeri saja, tetapi mencakup jenis yang datang dari satu pulau ke pulau lain dalam wilayah Indonesia. Sehubungan dengan hal itu, pemahaman JAI untuk tumbuhan dan hewan dijelaskan dengan rinci dan memperhatikan biogeografi yang komprehensif. Beberapa jenis asing dari luar wilayah Indonesia yang kemudian masuk ke Indonesia, bisa menjadi invasif, non-invasif atau malah menguntungkan.

7.2 Introduksi JAI di Indonesia

Introduksi JAI ke dalam ekosistem di Indonesia dapat terjadi, baik secara alami maupun tidak alami, yaitu melalui aktivitas kegiatan manusia termasuk perdagangan dan transportasi secara nasional dan internasional.

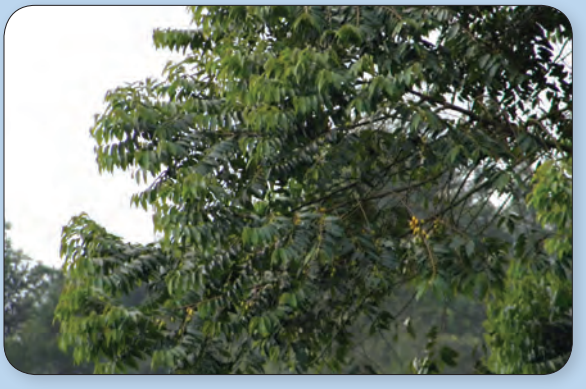
JENIS INVASIF YANG DIKETAHUI MEMBERIKAN DAMPAK PADA EKOSISTEM



Acacia nilotica

Calliandra calothyrsus

Chromolaena odorata



Maesopsis eminii

Foto: Puslit Biologi-LIPI, 2014

Jenis-jenis asing invasif yang berdampak terhadap ekosistem antara lain *Acacia nilotica* di Taman Nasional Baluran; kayu afrika (*Maesopsis eminii*) di TN Gunung Gede Pangrango; kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) di TN Gunung Gede Pangrango dan TN Gunung Halimun Salak; *Chromolaena odorata* di TN Ujung Kulon, TN Alas Purwo; dan *Mikania micrantha* di TN Bukit Barisan Selatan.

Sebagian besar jenis tumbuhan dan binatang diintroduksikan secara sengaja untuk berbagai keperluan, misalnya tanaman hortikultura, tanaman hias, binatang peliharaan, dan ikan hias. Akan tetapi, ada beberapa jenis yang perpindahannya terikut pada barang-barang lain secara tidak disengaja.

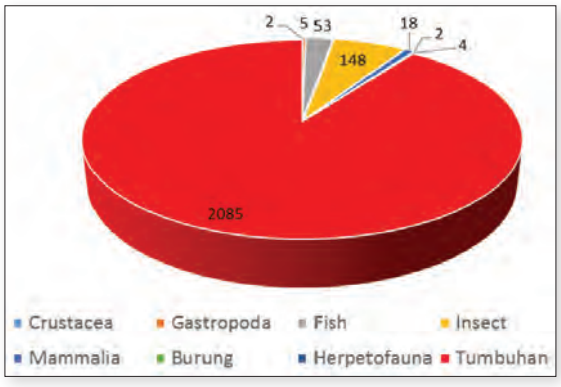
Proses invasi berjalan secara berjenjang melalui berbagai tingkatan, yaitu dari migrasi, introduksi, kolonisasi, naturalisasi, dan menyebar hingga menimbulkan dampak negatif.

7.3 Jenis-Jenis Asing dan Invasif di Indonesia

Berdasarkan penggalian informasi tentang JAI (Arida *et al.* 2014), diketahui ada 2.809 jenis asing dan/atau invasif, yaitu mulai dari jamur, bakteri, virus, arachnida, insekta, ikan, moluska, burung, dan mamalia serta tumbuhan.

Berdasarkan hasil *workshop Global Taxonomy Initiative* di Puslit Biologi tahun 2014, data flora dan fauna invasif dapat dilihat pada Gambar 111. Berdasarkan hasil kompilasi Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia & SEAMEO BIOTROP (2003), dikemukakan bahwa terdapat lebih dari 1.619 jenis tumbuhan asing dan 331 jenis tumbuhan invasif, sedangkan dari hasil validasi sesuai dengan tata nama terbaru yang telah dilakukan oleh Arida *et al.* (2014) terdapat 2.085 jenis, 17 subjenis, 21 varietas, dan 1 forma. Di antara 2.085 jenis tersebut 1.731 merupakan jenis asing, 350 jenis invasif, dan 4 jenis yang belum diketahui statusnya.

Menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 93 Tahun 2011, organisme pengganggu tumbuhan karantina dibagi menjadi 2 golongan, yaitu golongan I (merupakan organisme pengganggu tumbuhan karantina yang tidak dapat dibebaskan dari media pembawa organisme pengganggu tumbuhan karantina) dan golongan II (organisme pengganggu tumbuhan karantina yang dapat dibebaskan dari media pembawa organisme pengganggu tumbuhan karantina). Setiap golongan tersebut dibagi lagi menjadi 2 kategori, yaitu kategori A1 (organisme pengganggu tumbuhan karantina yang belum terdapat di Indonesia) dan kategori A2 (organisme pengganggu tumbuhan karantina yang sudah terdapat di Indonesia namun masih terbatas dan sedang dikendalikan). Dalam lampiran Permentan 93/2011 dikemukakan adanya organisme pengganggu tumbuhan karantina (Gambar 112).

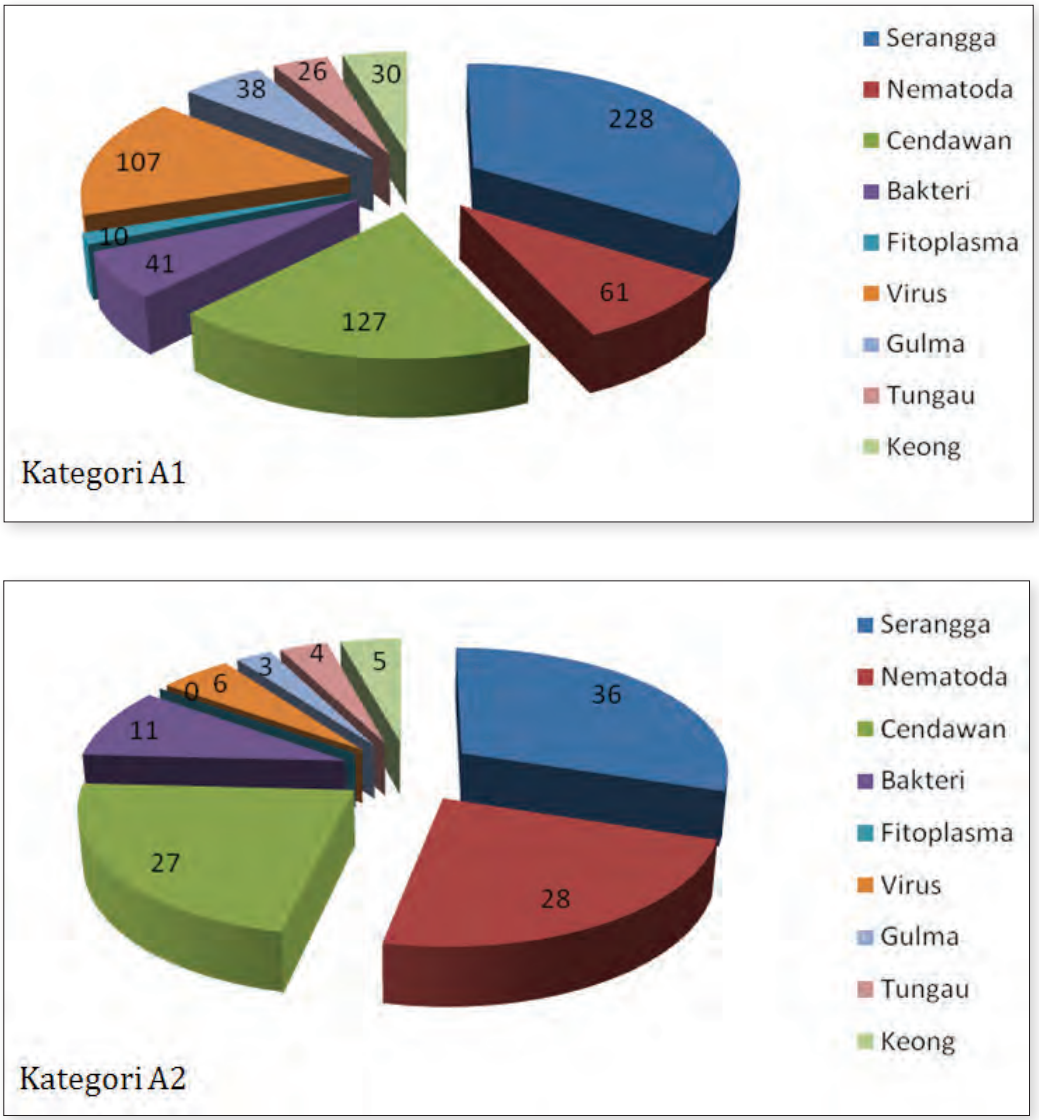


Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 111. Flora dan fauna asing di Indonesia

Berdasarkan laporan tentang JAI di Indonesia yang dikeluarkan oleh Invasive Species Specialist Group (ISSG) tercatat sebanyak 190 JAI dari berbagai jenis binatang dan tumbuhan. Dari jumlah tersebut 98 jenis, yakni 53 jenis tumbuhan, 43 jenis binatang, dan 2 mikrob merupakan organisme asing, sedangkan yang tidak diketahui statusnya ada 10 jenis tumbuhan, 6 jenis binatang, dan 4 jenis mikrob. Jenis yang asli dari Indonesia ada 42 jenis tumbuhan, 29 jenis hewan, dan 1 jenis mikrob. Jumlah jenis asing tersebut kemungkinan akan terus bertambah karena banyak jenis yang baru dilaporkan, misalnya kutu putih papaya (*Paracoccus marginatus*, Hemiptera: Pseudococcidae) (Mani 2012); kutil dadap (*Erythrina* sp., *Quadrastichus erythrinaee*, Hymenoptera, Eulophidae) (Anonimous 2006); pengorok daun kentang (*Lyriomyza* spp., Diptera: Agromyzidae) (Braun 1997); dan kumbang jepang (*Popillia japonica*). Dari hasil survei peneliti LIPI jenis tersebut sudah tercatat menyebar di Indonesia di beberapa areal pertanian dataran tinggi dan dataran rendah, yang menurut hasil kajian laboratorium, mampu menghancurkan berbagai macam tanaman sayuran (Erniwati *et al.* 2013).

Tumbuh-tumbuhan invasif yang sudah lama ada dan sudah atau berpotensi menjadi pengganggu, misalnya *Acacia nilotica* di TN Baluran, Jawa Timur (Siregar & Tjitrosoedirdjo 1999); *Chromolaena odorata* di TN Pangandaran dan Ujung Kulon (Tjitrosemito 1999); *Passiflora foetida* di TN Gede Pangrango, Jawa Barat (Cordon & Arianto 2004); sedangkan



Sumber: Permentan 2011

Gambar 112. Jumlah organisme pengganggu tumbuhan karantina yang termasuk kategori A1 dan A2

Austroeupatorium inulifolium, *Bartlettina sordida*, *Brugmansia suaveolens*, *Cestrum aurantiacum*, dan *Passiflora suberosa* (Gambar 113) merupakan jenis-jenis tumbuhan invasif di TN Gunung Gede Pangrango, yang berdasarkan analisis besarnya Indeks Nilai Kepentingan perlu diwaspadai (Uji *et al.* 2010). Dengan demikian, cukup dipahami apabila Waterhouse (2003) mengingatkan pentingnya pengenalan terhadap bahaya tumbuhan gulma yang berpotensi menjadi tumbuhan invasif di berbagai daerah, contohnya *Chimonobambusa quadrangularis* yang diintroduksi ke Kebun Raya Cibodas sebagai tanaman hias tanpa disengaja sekarang sudah menjadi invasif di TN Gede Pangrango (Widjaja kom.prib.). Namun demikian, tidak semua jenis asing bisa menjadi invasif, misalnya mahoni (*Swietenia mahagoni*) atau jati (*Tectona grandis*) yang telah diintroduksikan selama puluhan tahun, tetap tidak menjadi invasif.

Kajian mikrob invasif belum banyak dilakukan dibandingkan dengan invasif tumbuhan dan hewan. Invasi mikrob oleh bakteri, jamur, dan virus terjadi di seluruh dunia, namun pendeteksiannya lebih sulit dibandingkan organisme tingkat tinggi lainnya. Mikrob invasif memiliki potensi penting dalam mengubah sosial ekonomi masyarakat melalui proses perubahan-perubahan fungsi keanekaragaman ekosistem, baik ekosistem terestrial maupun perairan. Umumnya mikrob invasif bersifat patogen terhadap organisme lainnya.

Ada sebanyak 14 jenis fungi yang memengaruhi kondisi kesehatan hewan (kucing, anjing, domba, babi, ayam, rodensia,

Austroeupatorium inulifolium

Bartlettina sordida

Brugmansia suaveolens

Cestrum aurantiacum

Foto: Puslit Biologi-LIPI, 2014

Gambar 113. Contoh jenis tumbuhan invasif yang dapat ditemukan di TN Gunung Gede Pangrango

dan kuda) dan manusia di antaranya dari marga *Microsorum*, *Trichophyton*, *Histoplasma*, *Coccidioides*, dan *Cryptococcus*. Selain itu, 71 jenis bakteri meliputi genus *Richettsia, Atipia, Bartonella, Ehrlichia, Anaplasma, Cowdria, Coxiella, Chlamydophila, Mycoplasma, Brucella, Bacillus, Escherichia, Salmonella, Mycobacterium, Clostridium, Campylobacter, Vibrio, Burkholderia, Leptospira, Listeria, Staphylococcus*, *Streptococcus*, dan *Francisella* menyebabkan penyakit pada hewan (unggas, kalkun, babi, kuda, kambing, domba, kerbau, sapi, dan ruminansia lainnya) termasuk manusia. Selain bakteri dan fungi, 46 jenis virus termasuk sangat invasif terhadap hewan dan manusia. Penyakit oleh virus yang menyerang hewan dan manusia di antaranya *Japanese B encephalitis, Hog cholera, Infectious bovine rhinotracheitis, Infectious pustulovulvo vaginitis*, *Pseudorebies*, *Marek's disease, Infectious laryngotracheitis, Sheep-associated Malignant catarrhal fever*, AIDS, *Porcine Multisystemic Wasting Syndrome, Psittacine Beak,* dan *Feather Disease*, penyakit mulut dan kuku, penyakit lidah biru, penyakit Jembrana, penyakit campak, penyakit anjing gila, dan penyakit cacar domba.

7.4 Dampak dan Bahaya Keberadaan JAI

Keberadaan JAI berdampak negatif terhadap keanekaragaman hayati, yakni mendesak eksistensi jenis asli dengan cara kompetisi, pemangsaan, atau penularan penyakit sehingga fungsi ekosistem menjadi terganggu. Secara langsung JAI memengaruhi keanekaragaman hayati lokal dan merupakan salah satu ancaman terbesar bagi kerusakan habitat dan ekosistem (CBD 2002).

Penyebaran jenis asing invasif ini mampu mengubah struktur dan komposisi jenis dalam ekosistem alami. Jenis lokal kalah bersaing dan terancam kepunahannya. Pengetahuan tentang bahaya tumbuhan asing invasif berkembang pesat yang mampu menunjukkan betapa besar dampak jenis tumbuhan invasif pada sistem produksi, lingkungan, kesehatan, bahkan kesejahteraan masyarakat secara umum. Sebagai contoh keberadaan

hama pengorok daun *Liriomyza sativae, L. trifolii, L. huidobrensis*, dan *L. bryoniae* (Tokumaru & Abe 2006) yang merusak tanaman sayur-sayuran dan kacang-kacangan. Kondisi yang sama, keberadaan keong (*Pomacea insularum*) yang saat ini hanya ditemukan di Danau Balikpapan dan Danau Loa Kang, namun di Malaysia dilaporkan sudah sangat merugikan karena menghancurkan puluhan hektare sawah. Pemantauan yang ketat keberadaan *P. insularum* harus dilakukan agar keong ini tidak menyebar seluas keong emas (*P. canaliculata*).

Introduksi rusa timor (*Rusa timorensis*) ke Merauke menyebabkan tertekannya populasi walabi saham (*Macropus agilis*). Rusa timor bukan hewan asli Papua, dengan alasan yang tidak jelas pada tahun 1928 beberapa ekor rusa dibawa ke Merauke. Selain tidak adanya pemangsa serta keberhasilan rusa tersebut berebut pakan dengan hewan asli walabi saham, menyebabkan rusa di Papua dapat berkembang biak dengan pesat (Maryanto & Saim 1995). Jika populasi rusa timor tidak dibatasi, dikhawatirkan walabi saham dapat punah.

Tumbuhan invasif, pertumbuhannya terbukti merusak ekosistem. Sebagai contoh keberadaan tumbuhan invasif, seperti *Acacia nilotica* di Taman Nasional Baluran, menaungi rumput dan menurunkan produksi hijauan bagi herbivora dan menstimulasi tumbuhnya vegetasi semak berdaun lebar. Tumbuhan ini mengganggu dan menyebabkan kemerosotan keberadaan tumbuhan dan hewan asli Indonesia seperti banteng dan kerbau liar di Taman Nasional Baluran. Untuk pengendalian *Acacia nilotica* di Taman Nasional Baluran telah menghabiskan biaya cukup besar (Baliadi &Tengkano 2010, Setyawati 2013, Kemenhut 2013).

JENIS SERANGGA INVASIF YANG ADA DI INDONESIA

Foto: Suwito

Liriomyza huidobrensis, lalat invasif pada tanaman kentang.

TUMBUHAN LOKAL YANG DAPAT MENJADI INVASIF

Salah satu contoh tumbuhan lokal yang kemudian menjadi invasif adalah *Piper sarmentosum* di Taman Nasional Alas Purwo, langkap (*Arenga obtusifolia*) di Taman Nasional Ujung Kulon dan Cagar Alam Rim bo Panti, pisang kole (*Musa acuminata*) di Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango, *Merremia peltata* di Sumatra, dan alang-alang (*Imperata cylindrica*) di berbagai tempat.

Foto: Puslit Biologi-LIPI, 2014

Piper sarmentosum di TN Alas Purwo

Arenga obtusifolia di TN Ujung Kulon

JENIS KEONG INVASIF YANG ADA DI INDONESIA

Foto: Puslit Biologi-LIPI, 2014
Keong Emas *(Pomacea canaliculata)*

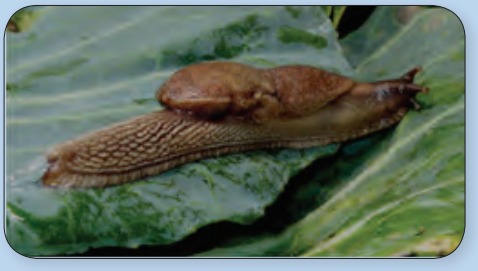


Foto: Mujiono 2010
Parmarion pupillaris

7.5 Permasalahan

Jenis asing invasif umumnya memiliki karakter tumbuh dan bereproduksi dengan cepat, kemampuan menyebar tinggi, toleransi yang lebar terhadap kondisi lingkungan, dan kemampuan untuk hidup dengan jenis makan yang beragam. Mereka dapat mengubah ekosistem secara keseluruhan dengan cara mengubah sistem hidrologi, siklus hara, dan proses-proses lain yang terjadi di dalam ekosistem dan menyebabkan punahnya jenis-jenis asli.

Pada kelompok hewan, seperti rusa timor dan monyet kra (*Macaca fascicularis*) yang ada di Papua, kura-kura (*Amyda cartilaginea*) dengan distribusi asal dari Kalimantan, Jawa, dan Sumatra telah menginvasi dan menjadi hewan pesaing di perairan Sulawesi. Akibat kerusakan ekosistem maka masuknya tumbuhan budi daya asing pun secara tidak langsung menyebabkan hilangnya ketergantungan masyarakat pada jenis-jenis tanaman budi daya Indonesia, seperti hilangnya beberapa varietas uwi gadung (*Dioscorea* sp.), ubi-ubian (*Colocasia* sp., *Alocasia* sp.), dan jali (*Coix lacryma-jobi*).

Masih banyak JAI hewan di Indonesia perlu penanganan serius, misalnya ikan buaya atau ikan alligator yang berasal dari Amerika Selatan dan Meksiko, *Atracosteus spatula* dan *Lepisosteus osseus* yang sudah lepas di perairan umum di Jawa membutuhkan penanganan segera. Contoh ikan asing invasif berbahaya disajikan pada Tabel 41.

Tabel 41. Ikan Asing Invasif Berbahaya

No.	Bangsa	Suku	Jenis	Nama Lokal	Asal	Keberadaan
1.	Perciformes	Cichlidae	*Astronotus ocellatus*	Oscar	Amerika Selatan	Jawa
			Amphilophus citrinellus	Red Devil	Amerika Tengah	Jawa
			Oreochromis mossambicus	Mujaer	Afrika	Sumatra, Jawa, dan Sulawesi
			O. niloticus	Nila	Afrika	Sumatra dan Jawa
2.	Lepisosteiformes	Lepisosteidae	*Atracosteus spatula*	Aligator Gar	Amerika, Meksiko	Jawa
			Lepisosteus osseus	Longnose Gar	Amerika, Meksiko	Jawa
3.	Cypriniformes	Cyprinidae	*Cyprinus carpio*	Mas	China	Papua
4.	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	*Gambusia affinis*	Lebistes	Amerika Utara dan Tengah	Indonesia
5	Siluriformes	Loricariidae	*Pterygoplichthys pardalis*	Sapu sapu	Amerika Selatan	Jawa dan Sumatra
		Channidae	*Channa micropeltes*	Gabus	Asia	Sumatra

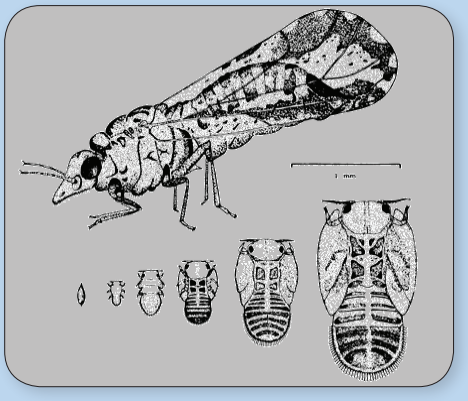
Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *In Prep*

BEBERAPA SERANGGA YANG MERUPAKAN JAI

semut gramang (*Anoplolepis gracilipes*), semut gila kuning (*crazy yellow ant*)

Semut gila (*Paratrechina longicornis*)

kutu kebul (*Bemisia tabaci*)

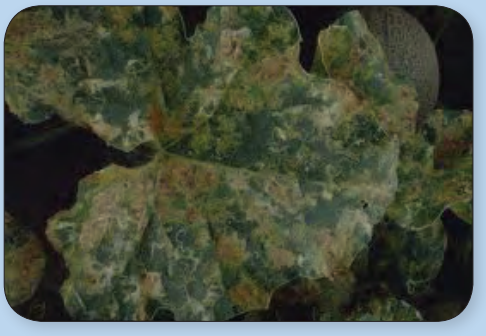


kutu jeruk (*Diaphorina citri*)

Foto: Puslit Biologi-LIPI, 2014

BEBERAPA SERANGGA YANG MERUPAKAN JAI

kutil dadap (*Quadrastichus erythrinae*)



pengorok daun (*Liriomyza spp.*)

Foto: Puslit Biologi-LIPI, 2014

7.6 Prospek JAI di Masa Depan

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, introduksi rusa timor (*R. timorensis*) ke Merauke menyebabkan tertekannya populasi walabi saham (*Macropus agilis*). Seiring berjalannya waktu, rusa timor sudah semakin terkontrol secara alami karena dimanfaatkan sebagai sumber protein hewani bagi penduduk setempat. Meskipun demikian masih perlu diwaspadai untuk mencegah perluasan persebaran rusa timor. Pada kelompok tumbuhan dapat disebutkan bahwa jenis enceng gondok *Eichhornia crassipes* yang memiliki potensi sebagai *pulp* untuk bahan baku kertas ataupun sebagai bahan kompos. Kirinyu (*Chromolaena odorata*) di luar negeri dijadikan obat luka, sedangkan di Indonesia belum diteliti lebih lanjut, *Hyptis capitata* dapat dijadikan sebagai obat tetes mata, *Piper aduncum* dapat dijadikan sebagai antiseptik, penghentian pendarahan, obat diare, dan insektisida (*www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=332, 2014*).

7.7 Risiko Analisis, Upaya Pengendalian, dan Pengelolaan

Untuk menghindari agar tumbuhan yang masuk kemudian tidak merugikan (invasif) maka perlu dikembangkan cara untuk memprediksi seperti apa sifat tumbuhan yang diimpor ke wilayah Indonesia. Kalau diprediksi berpeluang besar untuk menjadi invasif maka tumbuhan tersebut harus ditolak dan dicegah masuk ke wilayah Indonesia, tumbuhan yang boleh masuk hanya yang bermanfaat saja. Sistem yang bisa dipakai untuk memprediksi tumbuhan yang diimpor akan menjadi invasif atau menjadi tumbuhan bermanfaat itulah yang disebut analisis risiko tumbuhan invasif.

Analisis risiko tumbuhan invasif meliputi tumbuhan yang masih di luar kawasan Indonesia (*pre border*), termasuk tumbuhan yang baru sampai di pelabuhan atau kawasan karantina di berbagai pelabuhan di Indonesia, dan bagi tumbuhan yang sudah ada di

Indonesia (*post border*), walaupun keduanya merupakan bagian integral dalam pengelolaan tumbuhan invasif secara nasional. Klasifikasi skor, baik relatif berisiko maupun fisibilitas pengendalian tersebut jika dibuat matriks akan diperoleh hasil seperti Gambar 114.

Tindakan pemusnahan sulit dilakukan dan memerlukan dana yang besar, tampak pada upaya pemberantasan JAI *A. nilotica* di TN Baluran Jawa Timur telah banyak dilakukan, dibutuhkan biaya yang besar dan belum berhasil dikendalikan. Contoh lain adalah program yang dimulai dari radikalisasi perlahan pada tumbuhan *Maesopsis eminii* dan mengganti tumbuhan asli seperti yang dilakukan di TN Gede Pangrango tahun 2012 atau program radikalisasi ikan aligator oleh Kementerian Perikanan dan Kelautan 2013. Selanjutnya, untuk menangkal masuknya jenis invasif lebih banyak lagi, perlu adanya peraturan perundang-undangan yang menunjang.

Adaptasi hewan untuk menjadi predator tumbuhan asing invasif berlangsung cukup lama. Menurut penghitungan matematika kemampuan kumbang lembing asli Indonesia (*Henosepilachna vigintioctopunctata*), yang berperan sebagai konsumen pertama dalam sistem ekologi rantai makanan, dapat terjadi dalam kurun waktu 200 tahun (Fujiyama *et al.* 2012). Perhitungan lamanya waktu beradaptasi tersebut didasari dari hasil percobaan dan penghitungan matematika, bahwa kumbang ini jika hanya mengonsumsi pakan murni tunggal dari tumbuhan invasif *Centrosema pubescens* tidak akan dapat bereproduksi dan baru dapat beradaptasi untuk bereproduksi sempurna menggunakan pakan murni *C. pubescens* setelah 200 tahun.

7.8 Regulasi JAI dalam Usaha Pencegahan

Sampai saat ini Indonesia belum memiliki regulasi mengenai pengelolaan JAI untuk melindungi keanekaragaman hayati. Regulasi sehubungan dengan JAI baru dalam draf yang disusun oleh Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, yang akan diajukan menjadi Keppres/Inpres. Berikut adalah diagram masukan menuju penyusunan Keppres/Inpres dan penetapan luaran yang kemudian diwujudkan pada tingkat Kementerian (Gambar 115).

Peraturan dan kebijakan nasional yang sudah dikembangkan dan berhubungan dengan JAI antara lain:

1) UU No. 5/1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya: Pada Bab IV Pasal 19 ayat 3 telah dijelaskan bahwa yang dapat mengubah keutuhan kawasan suaka alam salah satunya adalah menambah jenis tumbuhan dan satwa lain yang tidak asli.
2) UU No. 16/1992 tentang Karantina Hewan, Ikan, dan Tumbuhan yang mengatur tugas pokok dan fungsi karantina hewan dan tumbuhan yang diterapkan di bandar udara, pelabuhan, pos perbatasan negara, dan pelabuhan antarpulau.
3) Peraturan Pemerintah No. 27/1999 tentang Penilaian Dampak Lingkungan yang menekankan pada pelaksanaan AMDAL untuk setiap kegiatan yang berdampak

Risiko Tumbuhan Invasif	Fisibilitas pengelolaan					
	Diabaikan	Rendah	Medium	Tinggi	Tinggi sekali	
Diabaikan	AKSI TERBATAS	AKSI TERBATAS	AKSI TERBATAS	AKSI TERBATAS	MONITOR	
Rendah	AKSI TERBATAS	AKSI TERBATAS	AKSI TERBATAS	MONITOR	MONITOR	
Medium	KELOLA SITUS	KELOLA SITUS	KELOLA SITUS	MELINDUNGI SITUS	MENCEGAH PENYEBARAN	SIAGA
Tinggi	KELOLA TUMBUHAN INVASIF	KELOLA TUMBUHAN INVASIF	MELINDUNGI SITUS	MENCEGAH PENYEBARAN	MUSNAHKAN INFESTASI	
Sangat tinggi	KELOLA TUMBUHAN INVASIF	Lindngi situs & kelola tumb. invasif	MENCEGAH PENYEBARAN	MUSNAHKAN INFESTASI	ERADIKASI	

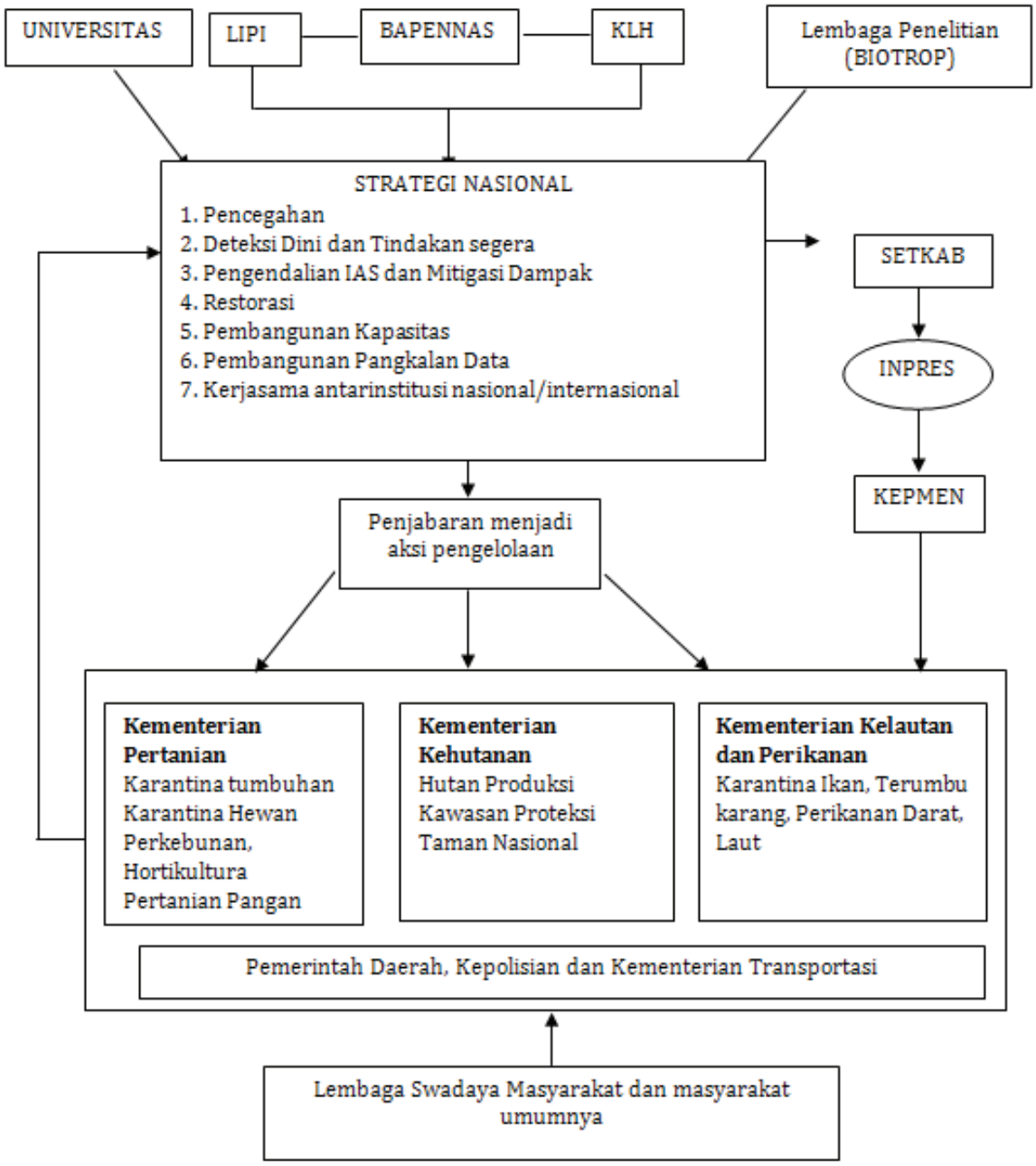
Gambar 114. Matriks klasifikasi skor relatif risiko dan fisibilitas pengendalian tumbuhan invasif

penting terhadap lingkungan, termasuk introduksi tumbuhan, hewan, dan genetik.

4) Keputusan Menteri Kehutanan No. 447/2003 tentang Tata Usaha Pengambilan atau Penangkapan dan Peredaran Tumbuhan dan Satwa Liar, bertujuan untuk mengendalikan jenis tumbuhan dan satwa liar yang akan masuk ke wilayah Republik Indonesia (impor)

5) *Indonesia Biodiversity Strategy and Action Plant* (IBSAP) 2003–2020. Saat ini Indonesia memiliki Strategi Pengelolaan Keanekaragaman Hayati yang perlu dilaksanakan secara efektif untuk meminimalkan krisis keanekaragaman hayati. Dokumen ini menyebutkan bahwa berbagai tindakan harus diambil dalam rangka meningkatkan instrumen kebijakan pengelolaan keanekaragaman hayati, termasuk untuk melaksanakan program pengendalian dan pencegahan penyebaran jenis asing invasif serta jenis budi daya (Bappenas 2003).

Perhatian pemerintah terhadap JAI tersebut sangat beralasan karena introduksi jenis invasif akan meningkat. Peningkatan tersebut disebabkan meningkatnya aktivitas transportasi, perdagangan, dan keluar masuknya komoditas hasil pertanian. Menurut catatan terakhir JAI, tumbuhan di Indonesia tercatat lebih dari 2.000 jenis (Setyawati &



Gambar 115. Bagan penyusunan Kepres/Inpres untuk JAI

Soekisman 2013), 100 jenis dikategorikan berbahaya, dan 27 jenis menjadi perhatian dunia. Dari tumbuhan invasif berbahaya tersebut 60% merupakan jenis asing, 40% asli Indonesia, dan sebagian dikenal sebagai hama dan gulma pertanian.

Secara teori, invasi dapat dikendalikan sehingga status tumbuhan invasif tidak meningkat bahkan menurun dan ekosistem yang mengalami dampak dapat direstorasi. Tumbuhan invasif sudah ada di wilayah Indonesia dengan derajat dampak yang berbeda. Oleh karena itu, beberapa pendekatan perlu dilakukan dalam pengendalian JAI, yaitu pencegahan atau pengurangan introduksi, pencegahan perkembangbiakan, dan pemusnahan. Pendekatan yang dapat dilakukan melalui penerbitan perundangan yang mengatur agar tumbuhan jenis invasif diberantas, dikendalikan, dan dicegah penyebarannya; ekosistem yang berdampak harus diperbaiki dan dikembalikan fungsinya. Pemerintah dengan jajaran kementeriannya harus mengembangkan program rencana aksi sesuai dengan yurisdiksi, kewenangan, sumber daya manusia, teknologi, dan dana yang ada untuk mengendalikan tumbuhan invasif ini. Dalam strategi ini diformulasikan bahwa tumbuhan invasif yang dinilai sangat besar dampaknya pada tahun 2020 sudah dikendalikan, jalan awal proses invasinya sudah dapat dideteksi, dan peraturan pengelolaan tumbuhan invasif harus sudah diundangkan. Usaha pengendalian ini ditujukan agar seluruh masyarakat terlibat dalam perang terhadap invasi suatu tumbuhan. Hal ini pada dasarnya berisi tujuan negara untuk mengendalikan dampak tumbuhan invasif tersebut dan menugaskan jajaran.

Pembuatan peraturan tentang penanganan invasif terus di lakukan dengan upaya pembuatan peraturan lintas sektor seperti yang sedang dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup. Berdasarkan peta masalah secara nasional dan pendekatan untuk setiap tingkat proses invasi, strategi nasional untuk menghadapi masalah (tumbuhan) invasif ini meliputi: (1) pencegahan, (2) deteksi dini dan tindakan segera, (3) pengendalian dan mitigasi dampak, (4) restorasi, (5) pembangunan kapasitas, (6) kerja sama antarinstitusi secara nasional/internasional, (7) pembangunan pangkalan data, dan (8) penyediaan dana (Tabel 42).

Dari setiap butir strategi ini membawa konsekuensi tindakan yang harus diambil oleh setiap kementerian sesuai dengan jenis invasif yang dihadapi. Tindakan pada setiap butir ditujukan untuk mencapai sasaran objektif, misalnya butir "pencegahan" objektifnya adalah mencegah adanya masalah baru tentang jenis invasif. Ini bukan saja melibatkan legislasi yang membekali petugas karantina untuk mengintersepsi impor organisme yang berpotensi menjadi invasif, tetapi juga menjaga suatu kawasan yang belum diinvasi agar bebas dari invasi jenis invasif.

Strategi dan rencana aksi keanekaragaman jenis di Indonesia ini pada dasarnya mengacu pada *Aichi Biodiversity Targets*, *Strategic Goal B: Reduce the direct pressures on biodiversity and promote sustainable use*, Target 9. Pada tahun 2020, jenis invasif di Indonesia serta jalur masuknya telah teridentifikasi dan menjadi prioritas. Selanjutnya, jenis prioritas telah terkendali, dieradikasi, dan legislasi atau perundangan tentang jenis invasif telah diundangkan untuk mengelola jalur masuk, mencegah introduksi, dan mapannya jenis asing invasif di Indonesia.

Tabel 42. Strategi Terkait dengan Keberadaan JAI

No.	Strategi	Objektif	Rencana aksi
1.	Pencegahan	mencegah masalah baru	1) mengundangkan aturan karantina agar dapat mengintersepsi potensial jenis asing invasif (JAI), 2) melarang perdagangan dan transportasi JAI 3) menekankan pengelolaan sistem produksi berkelanjutan, 4) membuat protokol proteksi ekosistem
2.	Deteksi dini dan tindakan segera (DDTS)	memberantas JAI ketika masih sedikit	1) mengembangkan kelembagaan untuk DDTS, 2) melakukan survei/membuka komunikasi untuk menampung laporan JAI dari masyarakat, 3) mengklarifikasi laporan, merencanakan tindakan, 4) melaksanakan eradikasi JAI yang dilaporkan
3.	Pengendalian dan mitigasi dampak	a. mengendalikan JAI	1) memprioritaskan JAI dengan melakukan analisis risiko 2) memilih metode yang sesuai, efektif, aman, dan murah jika memungkinkan melibatkan masyarakat sesuai dengan rekomendasi analisis risiko 3) melakukan *scouting* untuk menekan pertumbuhan kembali dari JAI
		b. mitigasi dampak	kalau terjadi penurunan populasi jenis lokal, tanam kembali
4	Restorasi	mengembalikan ekosistem dengan segala fungsinya	pada savana, mengendalikan JAI dan menanam rumput, mengembalikan hewan, dan memberdayakan masyarakat untuk menjaga kelestarian ekosistem
5	Membangun pangkalan data	membangun pangkalan data terintegrasi masalah JAI dari penyebaran, hasil analisis risiko, pengelolaan, dan sebagainya	mengumpulkan dari lembaga terkait mengembangkan komunikasi untuk menjaring informasi terkait
6	Membangun kapasitas	a. kapasitas sumber daya	1) kampanye membangun kesadaran masyarakat 2) menyelenggarakan pelatihan 3) mendorong penelitian 4) memasukkan ke dalam kurikulum pendidikan formal.
		b. kapasitas institusi	institusi nasional yang menangani JAI di semua bidang dan tataran
7	Kerjasama institusional	a. kerja sama antar-institusi nasional b. kerja sama internasional	1) kerja sama antarinstitusi, dalam survei, penelitian, pengendalian, dan pengelolaan JAI 2) menyelenggarakan *workshop*, seminar, dan simposium tentang hasil penelitian
8	Penyediaan dana	setiap kementerian harus menganggarkan dana untuk pengelolaan JAI	1) dana dari pemerintah 2) dana dari lembaga internasional

TUMBUHAN ASING DAN INVASIF DI INDONESIA

Ageratina riparia

Clidemia hirta

Lantana camara

Limnocharis flava

Mimosa invisa

Mimosa pigra

Melastoma malabathricum

Trimezia martinicensis

Foto: Puslit Biologi-LIPI, 2014

Psidium guajava

Piper aduncum

Foto; Puslit Biologi-LIPI, 2014

Macaca fascicularis
Ellena | 2013

LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan
Pembangunan Nasional

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 8
INDIKATOR BIOLOGI

BAB 8 | INDIKATOR BIOLOGI

Indikator biologi (bioindikator) adalah reaksi biologi dari jenis dan atau kelompok biota (flora, fauna, atau mikrob) yang secara teratur menghasilkan atau menunjukkan respons tertentu dalam menanggapi perubahan kondisi lingkungannya. Sebagai indikator pengelolaan lingkungan, bioindikator juga dapat digunakan sebagai pengganti uji kualitas kimia dan fisika dan jika dihitung secara ekonomi biaya pengujiannya jauh lebih murah dan cepat. Biota dapat dijadikan bioindikator karena pada umumnya mereka memiliki persyaratan hidup yang spesifik dengan rentang adaptasi pendek dan rentan perubahan.

Dalam bidang bioteknologi, bioindikator bisa merujuk ke sinyal molekul itu sendiri, sebagai alat untuk mengevaluasi kondisi fisiologis dari suatu organisme. Bioindikator dapat digunakan untuk berbagai tujuan, yaitu 1) menilai kualitas atau keadaan lingkungan dari waktu ke waktu ketika terjadi suatu perubahan, misalnya perubahan kelembapan suatu lokasi atau ketinggian tempat; 2) menilai adanya perubahan lingkungan yang disebabkan karena aktivitas manusia misalnya adanya polusi, keberadaan pestisida, atau residu limbah beracun; 3) menilai terjadinya perubahan alam atau cekaman lingkungan, seperti kekeringan, banjir, dan gempa bumi. Dalam menilai kualitas ekosistem, baik terestrial maupun perairan, keberadaan jenis dapat digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan, misalnya lumut kerak dapat digunakan untuk mengukur ada tidaknya polusi yang terjadi di suatu daerah. Keberadaan kadal, tikus hutan, burung, kunang-kunang menunjukkan bahwa kualitas ekosistem di daerah tersebut masih baik.

8.1 Binatang sebagai Bioindikator

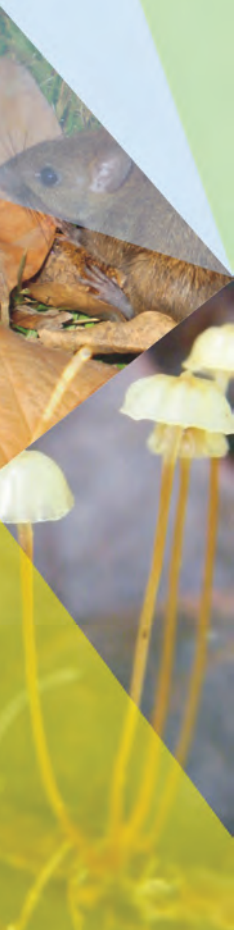
Binatang sebagai komponen ekosistem memiliki rentang toleransi yang spesifik terhadap faktor fisika dan kimia lingkungan. Oleh karena itu, kehadiran, kelimpahan, dan penyebaran suatu jenis binatang dipengaruhi oleh ketersediaan daya dukung serta kondisi faktor fisika dan kimia lingkungan. Kondisi demikian menyebabkan beberapa binatang tertentu dapat memberikan respons spesifik terhadap perubahan ekosistem sehingga dapat digunakan sebagai bioindikator. Salah satu bioindikator yang penting adalah keberadaan fauna.

Keberadaan, peningkatan, atau penurunan populasi jenis binatang tertentu dapat mengindikasikan kerusakan ekosistem. Sebagai contoh, cacing tanah (*Lumbricus* spp.), dapat digunakan sebagai indikator keasaman tanah. Beberapa jenis artropoda tanah, khususnya ekorpegas (Collembola), isopoda, dan moluska dapat digunakan sebagai indikator keberadaan logam berat (Cortet *et al.* 1999). Populasi capung yang tinggi mengindikasikan tingkat polusi lingkungan yang rendah karena capung merupakan serangga yang tidak tahan terhadap polutan, khususnya logam berat (Benton & Guttman 1990).

Katak juga sebagai bioindikator untuk melihat kualitas lingkungan melalui keberadaan katak dewasa pada habitat darat atau berudu pada air tawar (Simon *et al.* 2011). Studi polusi logam berat di beberapa ekosistem perairan menggunakan indikator keberadaan katak, menunjukkan peningkatan dalam beberapa tahun terakhir (Johansson *et al.* 2001, Simon *et al*. 2011). Beberapa jenis katak memiliki toleransi pencemaran logam berat yang berbeda-beda. Misalnya *Limnodynastes* sp. dan *Crinia* sp. memiliki toleransi yang tinggi, sedangkan *Litoria* spp. memiliki toleransi rendah hingga sedang.

Melimpahnya populasi jenis semut *Anaplolepis* spp. (Formicidae) pada suatu daerah dapat dijadikan indikator menurunnya kualitas lingkungan (Brown 1997). Tidak kalah pentingnya, kehadiran tikus rumah di hutan menandakan hutan tersebut sudah terganggu. Adanya tikus dan semut di dalam gua mencirikan gangguan terhadap ekosistem gua. Kelompok ikan juga dapat digunakan sebagai bioindikator, terutama untuk mempelajari respons berjangka adanya perubahan kualitas perairan. Keberadaan monyet kra (*Macaca fascicularis*) mengindikasikan bahwa kawasan telah mengalami kerusakan. Di sisi lain, keberadaan monyet kra berfungsi sebagai pemencar biji untuk memulihkan hutan. Jika hutan telah terpulihkan maka populasi monyet cenderung akan menurun dengan sendirinya.

Menurut Pearson (1994), beberapa kriteria umum yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis bioindikator antara lain 1) organisme yang dimaksud telah stabil dan cukup diketahui secara taksonomi, 2) sejarah alamiahnya diketahui, 3) mudah disurvei dan dimanipulasi, 4) terdistribusi secara luas pada berbagai tipe habitat untuk taksa yang lebih tinggi, 5) spesialis dan sensitif terhadap perubahan habitat pada taksa yang lebih rendah, 6) terdapat keterkaitan pola keanekaragaman antartaksa, dan 7) memiliki potensi ekonomi yang penting.



TIKUS SEBAGAI BIOINDIKATOR

Di kawasan hutan primer Indonesia bagian barat (Sumatra, Kalimantan, dan Jawa), keberadaan tikus *Niviventer cremoriventer, Maxomys surifer, M. rajah,* dan *Leopoldamys sabanus* menjadi sangat penting. Jika kawasan hutan primer berubah menjadi hutan sekunder dapat diindikasikan oleh keberadaan tikus *Maxomys surifer, M. rajah, M. whiteheadi,* dan *Rattus exulans*. Jika manusia mengubah kawasan hutan sekunder menjadi persawahan yang berbatasan dengan hutan dapat dicirikan oleh keberadaan tikus *Maxomys whiteheadi, Rattus exulans*, dan *Rattus rattus.* Perubahan persawahan yang berbatasan dengan hutan menjadi persawahan beririgasi dapat diindikasikan dari keberadaan *Rattus argentiventer*, *R. exulans*, dan *R. rattus.* Selain itu, perubahan persawahan menjadi kebun dan perumahan dapat diindikasi adanya dominasi dari keberadaan *R. exulans* dan *R. rattus*. Jika semua kawasan telah berubah menjadi kawasan perumahan maka yang mendominasi adalah *Rattus rattus* (Maryanto 2009).

Pengukuran Indikator Kerusakan Ekosistem Perairan Darat

Perairan dengan air yang mengalir umumnya mempunyai kandungan oksigen terlarut yang tinggi dan karbondioksida bebas yang rendah. Hal ini disebabkan oleh peran arus yang memberikan sumbangan oksigen (Hynes 1972). Aliran air di perairan tawar mengandung oksigen terlarut berkisar antara 8–10 mg/liter pada suhu 25° C (McNeely dalam Effendi 2003). Saat ini, kondisi perairan ideal di areal perkotaan sudah sulit dijumpai karena pencemaran. Oleh sebab itu, pelaksanaan panduan indikator kerusakan ekosistem perairan darat perlu diterapkan secara tegas sesuai dengan peraturan dan perundangan.

Pemilihan bioindikator sebagai petunjuk kondisi kualitas air berkaitan dengan karakteristik perairan, baik yang mengalir maupun tergenang. Mikrob, perifiton, dan bentos merupakan kelompok biota yang umum digunakan sebagai bioindikator perairan mengalir, sedangkan plankton digunakan untuk perairan tergenang. Kelompok ikan juga dapat digunakan sebagai bioindikator, terutama untuk mempelajari respons berjangka dari adanya perubahan kualitas perairan.

Penilaian indikator secara fisika dan kimia lebih mengandalkan alat bantu untuk mengukur dan berbiaya mahal, sedangkan penggunaan satwa indikator untuk pemantauan diharapkan lebih murah dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Makrozoobentos yang digunakan sebagai indikator kualitas air telah dibuat, digunakan, dan disosialisasi oleh BPLHD Jawa Barat, LIPI, IPB, NewMont Nusa Tenggara, dan BHP Billiton Kalimantan Tengah. Tidak kurang 6.000 lembar panduan telah disebarkan untuk memprovokasi masyarakat dalam menilai kualitas air di sekitarnya tanpa peralatan yang berteknologi tinggi dan hanya mengandalkan keberadaan makrozoobentos yang dapat dilihat dengan kasat mata. Cara ini perlu disosialisasikan lebih luas agar pendidikan penilaian terhadap kualitas lingkungan perairan darat yang sederhana tetapi tepat guna ini dapat dimanfaatkan.

PENGGUNAAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS LINGKUNGAN

Catatan:
- Alat-alat yang dipersiapkan: baki plastik, serok ikan, kaca pembesar dan pinset.
- Biota yang akan diamati biasa hidup/ dapat ditemukan menempel pada sisi batu yang tidak langsung terkena arus, di bawah bebatuan, di permukaan atau menempel pada berbagai materi tenggelam.

DIPERSIAPKAN OLEH : Niken T.M. Pratiwi, Majariana Krisanti, Siti Nursiyamah
I. Maryanto, R. Ubaidillah & M. Noerdjito
TATA LETAK : Toni Junaedi & Fahmi

CETAKAN V, Mei 2010

PENGGUNAAN MAKROZOOBENTOS SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS LINGKUNGAN

Sumber: Puslit Biologi LIPI & MSPFPIK IPB (2010); Pratiwi *et al.* (2010)

8.2 Tumbuhan sebagai Bioindikator

Kemampuan tumbuh suatu tumbuhan tertentu dalam suatu ekosistem dapat menjadi petunjuk penting tentang kualitas atau kondisi lingkungan. Selain itu, tumbuhan dapat membantu untuk mencirikan sifat tanah, dan mendeteksi jenis logam yang ada di daerah tersebut.

Azas-Azas Tumbuhan sebagai Bioindikator

Tumbuhan mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagai bioindikator karena tumbuhan menunjukkan respons terhadap perubahan iklim dan polusi sehingga memberikan informasi yang lengkap dan realistis. Selain itu, tumbuhan juga bisa bereaksi pada keadaan beban polusi berfluktuasi. Tumbuhan juga dapat mengukur polutan udara yang mempunyai konsentrasi sangat rendah. Apabila terjadi akumulasi polutan, tumbuhan akan memperlihatkan kerusakan daun. Pedoman dalam menggunakan tumbuhan sebagai bioindikator menurut Ohmura *et al.* (2009) adalah 1) bersifat rentan dalam beradaptasi terhadap lingkungan tertentu, 2) terdiri atas banyak jenis, dan 3) terbukti juga sebagai bioindikator di tempat lain.

Beberapa jenis tumbuhan yang sudah lama digunakan sebagai bioindikator untuk mengetahui kualitas lingkungan, di antaranya

1) Indikator sebagai tanah pertanian. Apabila rumput dengan jenis yang sama tumbuh di tanah pertanian berbentuk pendek dan kering menandakan tanah tersebut kurang berair, sedangkan bila tumbuh tinggi atau pendek, tetapi besar-besar dan tidak kering menandakan tanah tersebut cocok untuk pertanian. Kehadiran *Butea monosperma* menunjukkan tanah dengan alkalinitas tinggi sehingga tidak cocok untuk pertanian.
2) Indikator sebagai tempat merumput (*grazing area*). Kehadiran gulma semusim atau tahunan yang menutupi padang rumput, misalnya marga *Polygonum*, *Chenopodium*, *Verbena*, sedangkan marga *Vernonia* tidak akan pernah menutupi tempat merumput dengan berlebihan.
3) Indikator sebagai daerah yang masih dapat dihutankan. Jenis yang tumbuh dicirikan dengan jenis-jenis tumbuhan pionir, antara lain jenis *Macaranga*, *Piper*, *Trema*, dan *Commersonia*.

4) Indikator sebagai areal yang mempunyai humus tebal. Contohnya adanya jenis *Monotropa, Neottia*, dan jamur.
5) Indikator sebagai areal yang mempunyai kelembapan tinggi. Contohnya kehadiran jenis *Impatiens* dan *Elatostema*.
6) Indikator terhadap tipe tanah. Pada tanah pasir bergeluh/berlempung biasanya ditumbuhi jenis *Casuarina equisetifolia, Ipomoea pes-caprae, Citrullus, Panicum*, dan *Imperata cylindrica*, sedangkan *Gossypium* menyukai tanah yang hitam; Kehadiran *Rumex acetosa, Rhododendron, Polytrichum, Sphagnum*, dan beberapa lumut menunjukkan tanah berkapur, sedangkan tumbuhan halofit menunjukkan tanah bergaram.
7) Indikator tanah bermineral. Kehadiran jenis *Equisetum* sp. atau *Thuya* spp. dapat mencirikan tanah yang mengandung emas. Kandungan mineral ada juga yang masuk ke dalam jaringan tumbuhan sehingga menggambarkan tempat tumbuhnya. Sebagai contoh jenis *Pinus* spp. yang daunnya mengandung sulfat karena adanya konsentrasi SO_2 di udara. Pencemaran udara yang disebabkan adanya konsentrasi SO_2 di udara juga bisa dideteksi oleh lichens jenis *Lecanora conizaeoides, Xanthoria parientina, Ramalina farinacea, Anaptychia ciliaris*, dan *Ramalina fraxinea* yang mempunyai konsentrasi SO_2 antara 30–150 $\mu g.m^{-3}$ (Wijaya 2011, Tingey 1988). Jenis lumut yang paling sensitif terhadap sulfur dioksida adalah *Lobaria* dan *Usnea*.
8) Indikator tumbuhan untuk logam berat, terutama ditujukan pada tanah yang mengandung logam berat, khususnya Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Mn Mg, Cd, dan Se. Senyawa Mn, Mg, Cd, dan Se bersifat toksik untuk kebanyakan tumbuhan. Kontaminasi logam berat juga terjadi di daerah industri, baik yang berbentuk debu atau garam dalam perairan. Kebanyakan tumbuhan sensitif terhadap logam berat. Tumbuhan metalofit (tumbuhan yang tahan terhadap senyawa metal) seperti *Agrostis tenuis* tumbuh di daerah pertambangan.
9) Indikator tumbuhan daerah saline. Tumbuhan yang tahan terhadap salinitas tinggi disebut halofit, misalnya *Chenopodium album, Rhizophora mucronata, Avicennia alba*, dan *Acanthus ilicifllius*. Tumbuhan yang dapat hidup dalam 4–8% NaCl, misalnya *Pinus nigra* dan *Salix alba*.
10) Indikator tumbuhan untuk pencemaran. Lumut kerak atau lichen merupakan tumbuhan rendah yang juga sering digunakan sebagai bioindikator pencemaran udara. Lumut kerak sangat sensitif terhadap pencemaran udara, memiliki sebaran geografi luas, keberadaannya melimpah, dan mudah didapat. Lichen yang hidup pada kulit pohon yang asam jauh lebih peka pada efek beracun dari sulfur dioksida (SO_2). Salah satu koloni jenis lumut yang dapat bertahan hidup di kulit pohon ini adalah *Lecanora conizaeoides*, yang tetap hidup bahkan ketika konsentrasi sulfur dioksida sangat tinggi. Contoh lumut kerak (Lichens), *Parmotrema tinctorum* yang hidup pada kawasan dengan kualitas udara yang bersih telah digunakan sebagai bioindikator pencemaran udara di Jepang dan beberapa negara karena mereka sangat sensitif terhadap sulfur dioksida (Ohmura *et al.* 2009, Burton 1986).

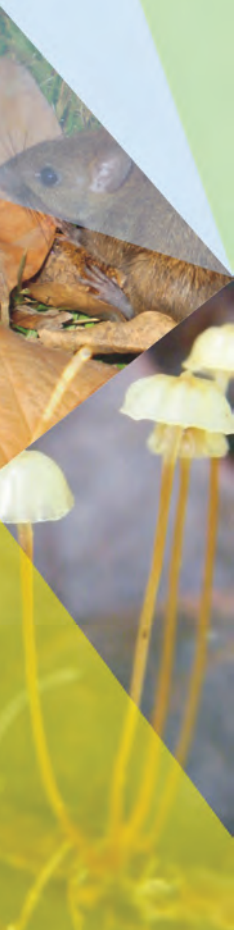
8.3 Mikrob sebagai Bioindikator

Mikrob dapat dijadikan bioindikator pencemaran air, pangan, udara, dan atau kesehatan ekosistem darat karena bersifat unik. Mikrob sangat mudah menyesuaikan diri dengan lingkungan, yaitu menangkap sinyal dari lingkungannya kemudian mengolah dan mengekspresikan dengan menghasilkan enzim atau biokatalis. Beberapa mikrob dapat menyintesis protein baru akibat tekanan lingkungan, disebut protein stres. Produksi protein tersebut dapat terjadi apabila terkena zat polutan, seperti kadmium dan benzene. Para ahli menggunakan protein stres ini sebagai sistem peringatan dini bagi lingkungan (Saulović *et al.* 2007).

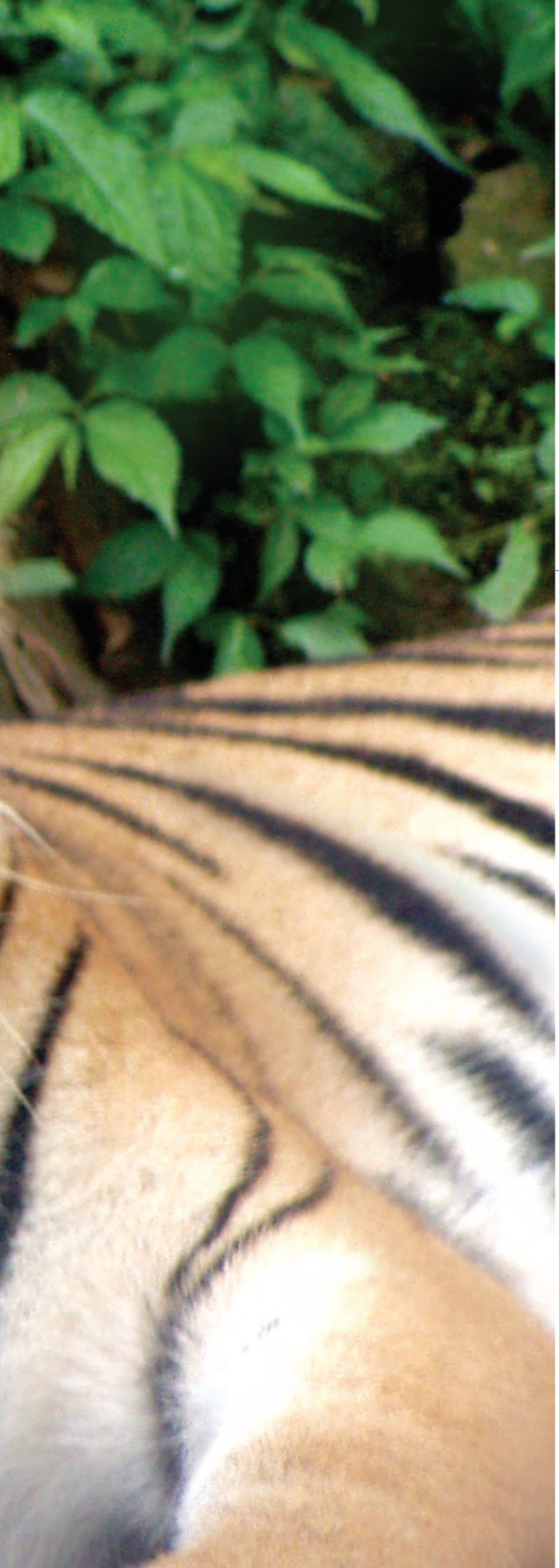
Dari pemantauan kelimpahan mikrob dan aktivitasnya pada tanah pertanian dengan manajemen yang berbeda (pertanian konvensional, pertanian organik, dan hutan), diketahui bahwa mikrob dapat digunakan sebagai indikator kesuburan tanah, juga indikator peran lingkungan terhadap emisi gas rumah kaca N_2O (Antonius *et al.* 2006). Mikrob indikator yang digunakan, misalnya

dari kelompok mikrob yang berperan dalam siklus Nitrogen (penambat N, Denitrifikasi, dan Nitrifikasi). Di sisi lain, kelimpahan mikrob dan aktivitas mikrob juga dipakai sebagai indikator pencemaran bahan kimia agro dan logam berat. Prinsip kerja mikrob sebagai bioindikator adalah dengan memanfaatkan pengaruh polutan dalam menghambat kerja enzim.

Khusus untuk mikrob yang digunakan sebagai indikator keamanan pangan atau sanitasi harus dapat dideteksi dengan mudah, cepat, dan dapat dibedakan dari mikrob lainnya. Keberadaan mikrob patogen (*faecal*) pada bahan pangan atau air minum mencerminkan tingkat higienitas bahan tersebut sangat rendah dan berbahaya untuk dikonsumsi. Mikrob indikator yang paling banyak digunakan adalah bakteri kelompok koliform, di dalamnya termasuk *E. coli* yang telah lama digunakan sebagai indikator terjadinya kontaminasi tinja pada air dan menunjukkan kemungkinan adanya patogen lainnya pada air. Pada umumnya patogen tidak bertahan lama di lingkungan, maka deteksi langsung terhadap patogen terutama di lingkungan sulit sehingga digunakan bakteri koliform sebagai indikator.



Pantera tigris sumatrae
Maryanto | 2013



LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan
Pembangunan Nasional

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 9
KEHILANGAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

BAB 9 | KEHILANGAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

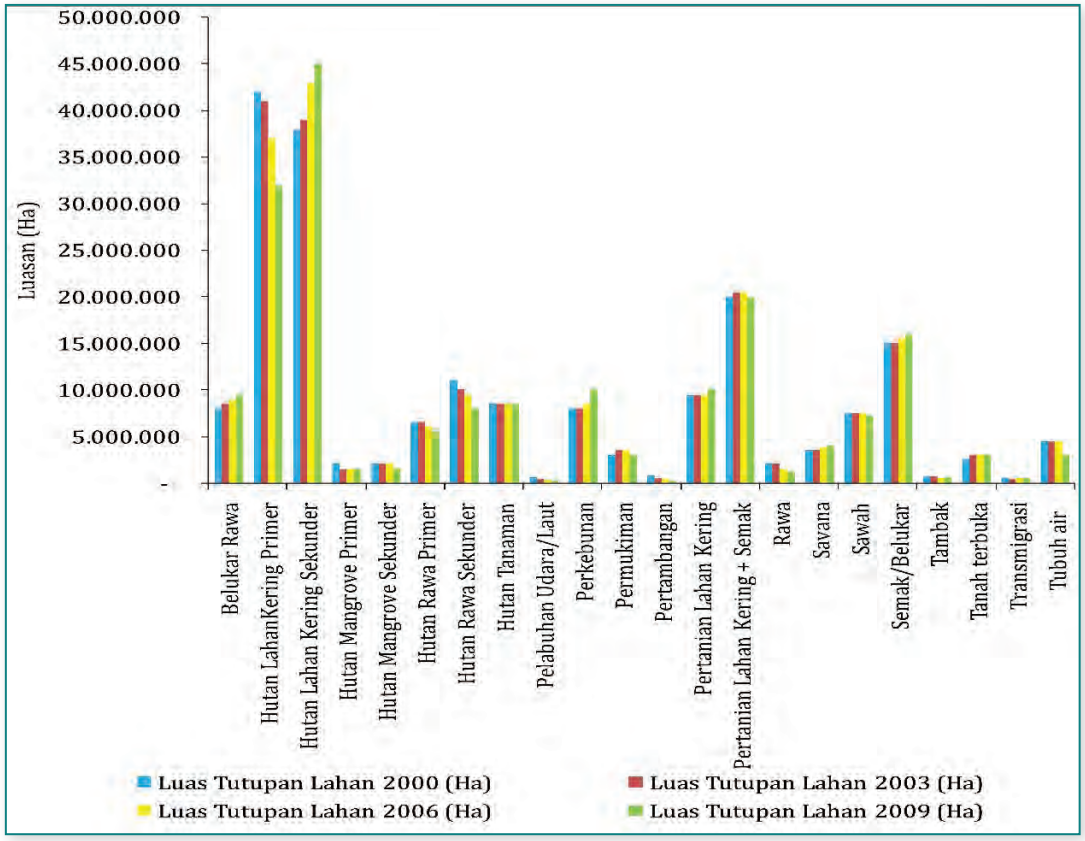
Ketimpangan hubungan manusia dengan lingkungan dapat merusak ekosistem yang berdampak pada rusaknya habitat. Kerusakan habitat, baik secara langsung maupun tidak, berpengaruh terhadap penurunan populasi dan hilangnya jenis-jenis biota. Selain karena rusaknya habitat, kehilangan jenis biota juga disebabkan oleh masuknya jenis asing invasif (JAI), pencemaran, eksploitasi yang berlebihan serta perubahan iklim.

Berbeda dengan binatang dan tumbuhan yang sudah lama menjadi perhatian publik, hilangnya keanekaragaman mikrob masih jarang mendapat perhatian. Kondisi ini terjadi karena belum dipahaminya kepentingan kehati mikrob sebagai pengendali fungsi ekosistem. Keberadaan mikrob di alam sangat penting sebab mikrob sangat mudah berubah (bermutasi) dan mempunyai keragaman metabolisme yang sangat tinggi.

Berikut merupakan beberapa contoh penyebab hilangnya kehati pada berbagai binatang, tumbuhan, dan mikrob.

9. 1 Perubahan habitat

Proses perubahan dan hilangnya habitat dapat terjadi karena berubahnya tutupan lahan. Data tahun 2000 hingga 2009 menunjukkan penurunan lahan hutan kering primer dari 42.255.832,09 ha menjadi 32.185.720,41 ha (Gambar 116). Perubahan ini diikuti oleh naiknya luasan hutan lahan kering sekunder dari 38.280.269,36 ha menjadi 44.604.933,33 ha pada tahun 2009. Sebaliknya, luas hutan rawa sekunder menurun dan luas perkebunan meningkat. Fragmentasi habitat juga ditunjukkan oleh meluasnya semak belukar dari tahun 2000 hingga 2009. Dengan demikian, perubahan tata guna lahan telah menyebabkan penciutan luas tutupan lahan yang berakibat pada hilangnya biota seperti telah dilaporkan oleh Widjaja & Pratama (2013) Sulawesi Tengah (Gambar 116.).



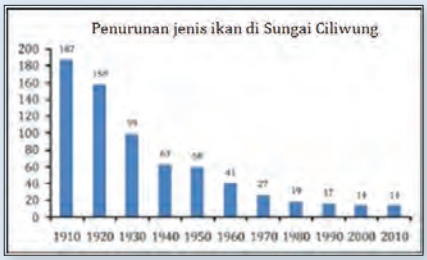
Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep.*

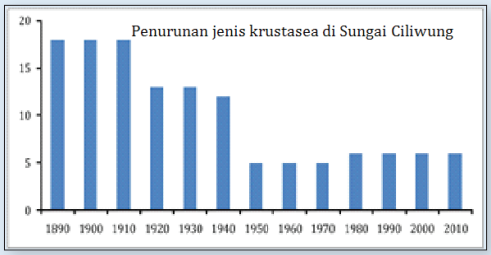
Gambar 116. Perubahan luas tutupan lahan dari tahun 2000 hingga 2009 di Indonesia

Sebagai contoh, pengaruh perubahan habitat terhadap jenis-jenis satwa perairan di antaranya dapat dilihat pada penyu hijau (*Chelonia mydas*). Penyu hijau mencari makan rumput laut di laut dalam daerah subtropik dan bertelur di beberapa pantai berpasir di Indonesia, antara lain di Pantai Pangumbahan di Sukabumi dan Pantai TN Merubetiri, Banyuwangi. Pola hidup demikian ditempuh karena pakan yang sesuai dengan bagi dirinya banyak tersedia di daerah beriklim sedang, namun energi panas untuk menetaskan telur berasal dari matahari di daerah tropik. Oleh karena itu, penyu melakukan ruaya ke daerah

KEHILANGAN KEANEKARAGAMAN IKAN DI SUNGAI CILIWUNG

Berdasarkan hasil studi kasus di Sungai Ciliwung dan Cisadane, Jawa Barat termasuk situ-situ yang ada di sekitarnya, terindikasi adanya penurunan drastis kehati perairan, terutama jenis ikan asli. Dari hasil survei Wowor *et al.* (2010) diketahui bahwa laju kehilangan ikan asli Ciliwung dan Cisadane dari tahun 1890–2010 masing-masing adalah 92,5% dan 75,6% serta krustasea mencapai 66,7%. Diperkirakan kehilangan ini akan terus berlanjut karena terpicu dengan kehadiran JAI, ikan dan krustasea yang diintroduksi di perairan tesebut. Hingga tahun 2010 jenis ikan dan krustasea asing invasif yang ditemukan di Sungai Ciliwung berjumlah 6 jenis dan 2 jenis. Tidak tertutup kemungkinan hal yang sama terjadi juga di perairan sungai-sungai lainnya





tropik. Perubahan habitat akan memengaruhi pola hidup dan pada akhirnya memengaruhi jumlah populasi penyu hijau.

Selain penyu, beberapa jenis ikan juga melakukan ruaya. Ada tiga pola ruaya ikan, yaitu anadromus, katadromus, dan amphidromus. Anadromus artinya menjelang dewasa ikan akan beruaya dari hulu sungai ke laut dalam. Di laut dalam ikan bertelur lalu mati. Anaknya kemudian melakukan perjalanan ke hulu sungai lagi. Sampai saat ini penyebab ruaya ikan belum diketahui. Contoh ruaya pola anadromus adalah ikan sidat *Anguila* spp. Katadromus merupakan pola ruaya kebalikan dari anadromus. Di Indonesia tidak terdapat ruaya pola katadromus. Contoh ruaya pola katadromus adalah ikan salmon. Amphidromus menyerupai anadromus, tetapi beruaya hanya sampai ke pantai. Contoh ruaya pola amphidromus adalah berbagai jenis ikan anggota suku Gobiidae (Noerdjito dan Maryanto 2005).

Sungai merupakan salah satu perairan darat dan perairan terbuka dengan empat dimensi, yaitu longitudinal, lateral, vertikal, dan temporal (Huer & Lamberti 2007). Hal ini menyangkut faktor fisik, kimia, dan biologi, termasuk komunitas ikan yang ada di dalamnya.

Sementara itu, pembangunan waduk pada sungai dapat menyebabkan fragmentasi habitat. Keberadaan waduk menyebabkan sungai meluas dan arus melambat yang juga berdampak pada biota akuatik termasuk, komunitas ikan (Yap 1999). Menurut Pratiwi (2010), dampak negatif waduk bagi keanekaragaman hayati meliputi hilangnya jenis ikan lokal karena berubahnya hidrologi dan ekosistem sungai secara permanen, menurunnya kualitas air, dan terhambatnya aliran nutrien yang dibutuhkan.

Craig (2011) menyebutkan bahwa sebesar 73% dari 66 kasus keberadaan waduk di dunia berdampak negatif bagi keanekaragaman jenis ikan dan hanya 27% yang memberi dampak positif. Terkait dampak waduk terhadap komunitas ikan di Indonesia, Kartamihardja (2008) melaporkan bahwa dalam jangka waktu 40 tahun (1968–2007) setelah waduk Djuanda/Jatiluhur digenangi, terjadi penurunan jumlah jenis ikan dari 31 jenis menjadi 18 jenis.

Pembangunan waduk menghambat migrasi ikan ke hulu dan menyebabkan penurunan atau bahkan kelangkaan atau punahnya spesies yang dalam rentang hidupnya memerlukan suatu fase untuk beruaya ke hilir dan ke hulu sungai (Larinier 2001). Linløkken (1993) menyatakan bahwa pembangunan bendungan harus menjamin terpeliharanya proses migrasi ikan dan menghindari terjadinya pemisahan populasi. Migrasi ikan merupakan respons terhadap kepadatan populasi serta ketersediaan pakan yang cukup pada tempat pemijahan dan tempat asuhan. Jika jalur migrasi terputus oleh waduk maka keberlangsungan populasi ikan akan terganggu. Jenis-jenis ikan yang rawan punah akibat dibangunnya waduk sehingga memutus jalur ruaya/migrasi, yaitu sidat (*Anguilla* spp.) serta beberapa jenis ikan dari famili Cyprinidae yang biasa melakukan ruaya potamodromous (migrasi di dalam perairan tawar antara bagian hulu dan hilir sungai).

Umumnya ikan air tawar berbiak dengan strategi *R*, yaitu ikan memiliki daur hidup relatif pendek, menghasilkan telur dalam jumlah banyak, penetasan telur sepenuhnya "diserahkan" kepada alam, dan berbiak cepat sesuai dengan kelimpahan pakan. Beberapa jenis ikan melakukan penjagaan telurnya sampai menetas. Bahkan beberapa di antaranya mengamankan telur serta anakannya di dalam rongga mulutnya sampai anaknya dianggap dapat bertahan hidup. Tanpa mendapat perlindungan di dalam rongga mulut induknya kemungkinan besar telur ataupun anak ikan tidak akan dapat mencapai umur dewasa. Bagi jenis-jenis ikan yang hidup di luar pengaruh manusia tidak ada masalah karena telah ada mekanisme/cara perlindungan alami induk, anak, dan telurnya. Sebaliknya, di daerah yang telah dijamah manusia agar kehidupan jenis ikan bersangkutan dapat berlangsung maka pada musim berkembang biak masyarakat tidak diperbolehkan menangkap jenis ikan tersebut. Permasalahannya, musim di berbagai tempat di Indonesia dapat berbeda sehingga musim perkembangbiakan suatu jenis hayati dapat berbeda. Oleh karena itu, peraturan pemerintah terkait hal ini harus dijabarkan dengan peraturan daerah masing-masing.

Untuk mengatasi permasalahan pemutusan jalur ruaya ikan hilir-hulu maka perancangan pembangunan waduk harus dilengkapi dengan fasilitas jalur ikan (*fish-way*), yaitu bagian waduk untuk memfasilitasi proses ruaya ikan. Bentuknya juga sangat beragam, tergantung pada perilaku ikan. Namun, kondisi ini belum dilakukan di Indonesia.

Selain ikan, hilangnya keanekaragaman hayati yang lain juga terjadi pada burung. Seperti pernah dikemukakan oleh Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Jawa Barat pada tahun 2013 di daerah-daerah Gudawang–Bogor, Cibitung–Sukabumi, Salebu–Garut, Cikatomas–Tasikmalaya, Waled–Cirebon, Ujung Jaya–Sumedang, dan Pangkalan–Karawang, masih dijumpai 126 jenis burung. Namun, sebanyak empat jenis burung, yaitu *Aceros undulatus*, *Anthracoceros albirostris*, *Sturnus contra*, dan *Gracula religiosa* sudah tidak dijumpai lagi di dataran rendah di luar kawasan konservasi dan sebanyak 77 jenis lain berada dalam keadaan langka. Dengan demikian, hanya 45 jenis burung yang relatif masih dapat bertahan di luar kawasan hutan.

Hampir seluruh jenis burung endemik Indonesia seperti *Treron oxyura, Loriculus pusillus*, *Sturnus* melanopterus, dan *Padda oryzivora* serta beberapa burung endemik Pulau Jawa, *Alcedo coerulescens*, *Halcyon cyanoventris*, dan *Megalaima javensis* telah menjadi langka di luar kawasan konservasi. Padahal kawasan konservasi yang berada di dataran rendah Pulau Jawa yang masih cukup baik hanyalah Taman Nasional (TN) Ujung Kulon di ujung barat dan TN Alas Purwo di ujung timur. Oleh karena itu, perbaikan kawasan konservasi di dataran rendah Pulau Jawa perlu mendapat perhatian lebih.

Tercatat pula *Aceros undulatus* dan *Anthracoceros albirostris* yang merupakan burung berukuran besar pemakan buah. Keduanya memerlukan pepohonan tinggi untuk bertengger dan bersarang. Akan tetapi, fenomena menurunnya populasi pohon tinggi justru mempercepat laju penyusutan populasi kedua jenis burung ini. Seharusnya di kawasan budi daya tersedia pakan bagi kedua jenis burung tersebut. Sayangnya, di kawasan budi daya dewasa ini pohon-pohon sumber pakan relatif sedikit dan pohon besar untuk bersarang pun sudah tidak ada. Akibatnya, kedua jenis burung tersebut tidak dapat hidup di kawasan budi daya.

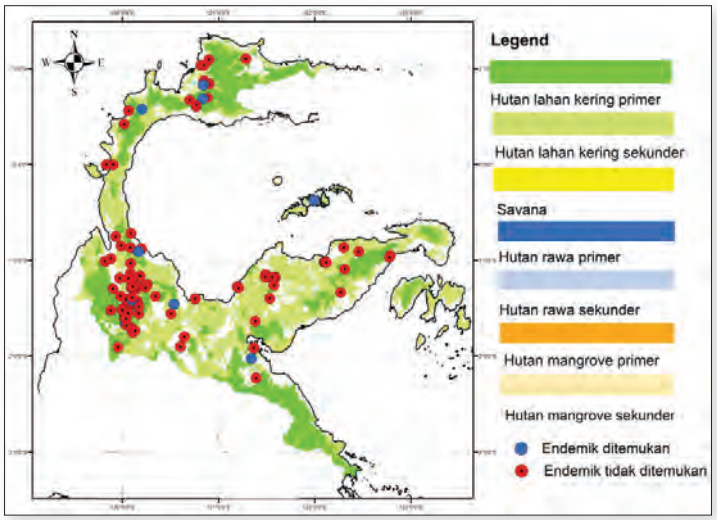
Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa

a. berbagai jenis burung pemakan biji-bijian, antara lain manyar *Ploceus philippinus*, *P. manyar*, dan *P. hypoxanthus* serta pipit *Lonchura punctulata*, *Lonchura majadan*, *Erythrura prasina* menjadi langka karena dianggap sebagai hama,
b. kebanyakan burung pemakan buah serta pemakan madu mengalami tekanan karena ketidaksinambungan ketersediaan pakan,
c. berbagai jenis burung mengalami kelangkaan karena ditangkap untuk diperdagangkan (BPLHD Jabar 2013). Hal yang menarik, 10 jenis burung pemangsa yang selalu dianggap telah langka ternyata tiga di antaranya, *Haliastur indus*, *Ictinaetus malayensis*, dan *Spilornis cheela*, masih bertahan hidup karena memiliki jenis pakan yang relatif beragam.

Contoh perubahan habitat yang terjadi pada tumbuhan, dapat dilihat pada Gambar 117, walaupun pada gambar ini belum dinyatakan secara penuh apakah jenis yang tidak ditemukan pasti hilang. Oleh sebab itu, survei lapangan masih diperlukan untuk membuktikan bahwa jenis tersebut sudah hilang atau masih ada. Dari hasil penelitian Widjaja & Pratama (2013) diperkirakan bahwa total flora Sulawesi 6.741 jenis dengan jenis endemik 2.225, padahal Welzen *et al.* (2011) mengatakan bahwa berdasarkan jenis-jenis yang telah dipublikasi dalam Flora Malesiana, Sulawesi memiliki jenis lebih rendah dari hasil inventarisasi (Gambar 118). Dengan demikian, tampak bahwa perkiraan Welzeb *et al.* (2009), baik terhadap jumlah flora di Sulawesi maupun jenis endemiknya sangat jauh berbeda. Data ini juga masih ditambahkan dengan jenis baru yang ada dan besar kemungkinannya jenis terebut. Berdasarkan hasil monitoring (Tabel 43) diperoleh bahwa di Sulawesi masih terdapat 39 jenis dari daerah Provinsi Sulawesi Barat, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Tenggara (Widjaja & Pratama 2013).

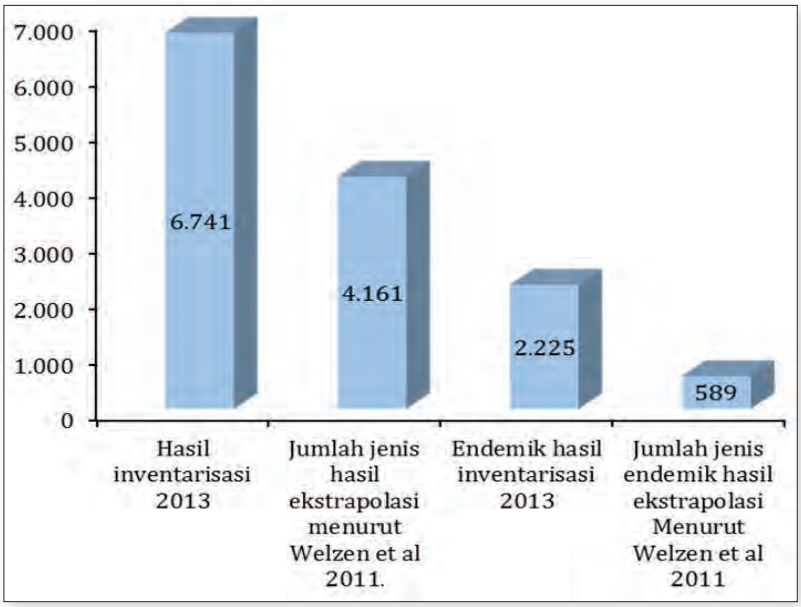
Perubahan habitat di hutan Malinau, Kalimantan Utara berpengaruh terhadap populasi kelompok mikrob penambat nitrogen, khususnya *Azospirillum* pada hutan alami dengan jumlah populasi 46 x 10^6, lebih tinggi bila dibanding tanah hutan yang sudah dijadikan kebun dengan populasi 24 x 10^5 (Antonius *et al.* 2010). Tendensi yang sama juga untuk populasi bakteri denitrifikasi yang diamati di hutan kawasan Gunung Gede Pangrango dibandingkan dengan lahan yang sudah dibuka menjadi kebun sayuran (Agustiyani *et al.* 2011). Dampak negatif terhadap keanekaragaman hayati mikrob sebagai akibat konversi hutan di Amazon juga dilaporkan oleh Rodrigues *et al.* (2013). Perubahan jumlah populasi keanekaragaman hayati mikrob ini terjadi karena adanya homogenisasi yang didorong oleh hilangnya mikrob endemik.

Demikian juga pada pembukaan hutan untuk kegiatan tambang, khususnya pada galian terbuka yang akan menyebabkan terjadinya perubahan total kondisi



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 117. Pemetaan jenis endemik yang ditemukan dan yang tidak diketemukan pada tutupan lahan 2009 di Sulawesi Tengah



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 118. Hasil inventarisasi jenis tumbuhan dan jenis endemik di Sulawesi tahun 2013 dibandingkan dengan pustaka terdahulu

Tabel 43. Jenis Endemik dan Hasil Pemantauan

	Sulut	Gorontalo	Sulbar	Sulteng	Sulsel	Sultra
Famili	29	12	6	25	36	20
Jenis	89	18	16	79	132	58
Jenis ditemukan	-	-	2	5	23	9

Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep.*

Tabel 44. Populasi Mikrob Bermanfaat pada Beberapa Perubahan Ekosistem Hutan

Ekosistem	Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)	Bakteri fikasasi N	Bakteri Proteolitik
Hutan	106×10^5	30×10^5	37×10^5
Lahan budi daya	98×10^5	16×10^5	20×10^5
Area tambang	50×10^2	30×10^2	20×10^2

Sumber: Antonius *et al.* 2011

lapisan tanah permukaan yang merupakan habitat utama mikrob. Dari kajian kelimpahan mikrob, meskipun belum cukup detail menganalisis diversitasnya, tetapi dapat dilihat bahwa populasi mikrob mengalami penurunan drastis pada lahan terbuka akibat pertambangan (Tabel 44).

Isobe *et al.* (2009) melaporkan bahwa komposisi komunitas total bakteri dan aktino tanah pada wilayah hutan yang terbakar berat, sedang, dan tidak terbakar adalah serupa setelah delapan dan sembilan tahun kebakaran. Meskipun demikian, komposisi bakteri pengoksidasi amonia jelas berbeda dan tergantung pada tingkat kerusakan akibat kebakaran masa lalu. Hasil ini menegaskan bahwa meskipun hampir satu dekade setelah kebakaran hutan, dampak kebakaran terhadap biodiversitas mikrob masih terjadi, khususnya pada bakteri pengoksidasi amonia.

9. 2 Masuknya JAI

Masuknya JAI yang semula untuk tujuan sebagai tanaman hias, pakan ternak, hortikultura, hewan peliharaan, sering kali menjadi invasif dan akan berakibat pada hilangnya jenis lokal. Jenis lokal tertentu yang masuk ke lingkungan alam yang baru dapat menyebabkan berbagai bentuk ketidakseimbangan dalam jejaring ekologi. Sebagai contoh, masuknya ikan mujair (*Oreochronis mossambicus*) memusnahkan ikan moncong bebek (*Adrianichthys kruytii*) dan ikan endemik di Danau Poso, *Xenopoecilus sarasinorum*.

Pada tumbuhan, hilangnya tumbuhan karena jenis asing banyak terjadi di Indonesia. Meskipun demikian, belum ada data jenis yang hilang yang disebabkan masuknya jenis asing. *Calopogonium mucunoides* yang semula dimasukkan ke Indonesia untuk digunakan sebagai penutup tanah (*cover ground*) di perkebunan karet, kelapa, kelapa sawit dan lain-lainnya, akhirnya menutupi seluruh permukaan tanah dan mematikan jenis-jenis rumput dan tumbuhan lain yang semula tumbuh di situ. Agaknya, inventarisasi jenis asli belum dilakukan sebelum penanaman jenis asing.

9.3 Polusi

Polusi udara, air, dan tanah merupakan aktivitas manusia yang memengaruhi lingkungan alam dan berdampak negatif secara langsung atau tidak terhadap keberadaan biota. Polusi mengubah aliran energi, kimia, dan kondisi fisik lingkungan dan kelimpahan jenis di suatu ekosistem. Contohnya, buangan limbah pabrik dan rumah tangga yang dibuang langsung ke aliran Sungai Ciliwung menyebabkan penyusutan keanekaragaman ikan dan krustasea (Wowor *et al.* 2010).

Pencemaran juga dapat menjadi penyebab utama penyusutan jumlah atau hilangnya jenis-jenis fauna. Pembuangan limbah pencucian emas dari tambang emas seperti di pedalaman Kalimantan dan tempat-tempat lain di Indonesia yang menggunakan air raksa dapat menjadi penyebab penyusutan kehati. Hanya saja penambangan yang sudah lama berjalan ini belum pernah dilakukan kajian dampak pencemaran lingkungan terhadap kehati sepanjang daerah aliran sungai.

Segala bentuk polusi dapat berpengaruh pada keanekaragaman hayati, terutama pada adanya unsur hara nitrogen dan fosfor yang dapat menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati sehingga ekosistem tidak berfungsi dengan baik. Pemakaian nitrogen dapat menyebabkan perubahan serius pada habitat dan jenis yang hidup di atasnya. Adanya nitrogen yang berlimpah dapat menyebabkan eutrofikasi ekosistem. Ekosistem gambut misalnya, deposit nitrogen menyebabkan hilangnya jenis dan penurunan kekayaan jenis yang dapat berakibat terjadinya perubahan fungsi ekosistem.

Polusi menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati misalnya asap kendaraan bermotor di kota besar mengakibatkan kematian atau pindahnya burung ke tempat lain. Selain itu, polusi asap mobil juga dapat menyebabkan tertutupnya mulut daun tanaman di sekitar yang dapat mengakibatkan kematian dan hilangnya flora setempat. Polusi udara terbesar yang terjadi di Indonesia adalah pada akhir tahun 1990 yang mengakibatkan kehilangan 5 juta hektar hutan yang tertutup asap (haze) (UNHabitat 2000, Forsyth 2014). Setelah itu, asap selalu menghantui Sumatra dan Kalimantan dari tahun 2001 sampai sekarang. Hubungan antara terjadinya asap dan El Nino juga merupakan salah satu pemicu terjadinya asap karena kurangnya hujan dan keringnya lahan (Murdiyarso *et al*. 2002, Tacconi 2003, Florano 2004, Herawati & Santoso 2011). Tebalnya asap dapat menutupi permukaan daun yang bisa menyebabkan kematian flora di daerah yang terkena asap. Bahkan kematian faunapun terjadi ketika asap tebal menyelimuti Kalimantan dan Sumatra contohnya pada orang utan dan monyet.

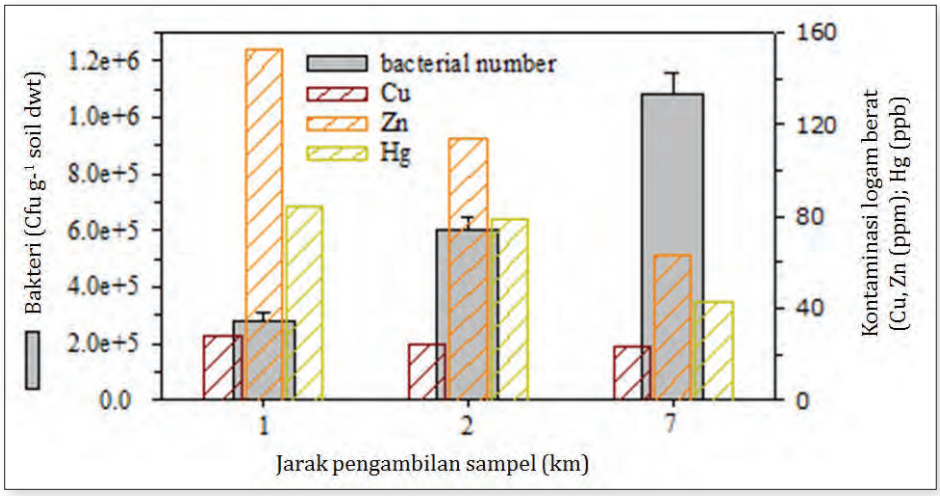
Polusi air, seperti hujan asam, sampah, dan pembuangan limbah ke penampungan air, saluran irigasi, laut dapat menyebabkan kematian ikan dan hewan lain yang hidup di air atau plankton, alga atau tumbuhan air lainnya.

Pencemaran terbesar terjadi karena logam berat yang memiliki toksisitas nyata terhadap mikro-organisme pada konsentrasi tinggi. Pencemaran logam berat merupakan *stressor* lingkungan yang signifikan untuk komunitas mikrob terestrial. Dari pemantauan terhadap komunitas dan aktivitas mikrob pada daerah persawahan Rancaekek yang tercemar oleh logam berat limbah tekstil menunjukkan bahwa populasi dan aktivitas mikrob pada daerah dekat sumber cemaran populasinya lebih rendah dibanding daerah yang lebih jauh dari sumber cemaran (Gambar 119, Gambar 120 dan Gambar 121). Perbedaan populasi mikrob tersebut ternyata berkorelasi dengan tingginya kandungan cemaran logam berat (Antonius *et al.* 2005). Adanya korelasi berbanding terbalik antara jumlah populasi mikrob dengan tingkat pencemaran ini menggambarkan bahwa ketika pencemaran logam berat semakin tinggi, potensi hilangnya keanekaragaman mikrob akan semakin besar. Gans *et al.* (2005) menyatakan bahwa lebih dari satu juta genom bakteri yang berbeda hadir dalam tanah alami (murni) dan keragaman ini berkurang hingga 99,9% sebagai akibat dari pencemaran logam berat.

Revolusi hijau pada masa lalu telah membawa pengaruh signifikan terhadap manajemen pertanian, yaitu lebih mengandalkan bahan kimia agro seperti penggunaan pupuk anorganik dan pestisida. Martawijaya & Montgomery (2004) dan Rerkasem (2005) mengemukakan bahwa revolusi hijau secara khusus memengaruhi cara bertanam padi dan sayuran yang merupakan produk pertanian utama di Asia Tenggara. Secara umum, aplikasi pupuk kimia sintesis anorganik pada pertanian sayuran di Asia Tenggara berlebihan. Dosis pemupukan di Filipina mencapai 211 kg N/ha/th dan di Thailand mencapai 600 kg anorganik N dan 250 kg P/ha/th (Rerkasem 2005, Poudel *et al*. 1998 dan Phupaibul *et al*. 2002). Dosis aplikasi urea untuk tanaman sayuran dan jagung adalah berkisar 150–200 kg/ha (Sirappa 2002). Petani di Indonesia mengaplikasikan pupuk N (biasanya dalam bentuk urea) dengan konsentrasi yang tinggi meskipun harus membayar mahal dan tanpa disadari mencemari lingkungan. Pemupukan urea pada konsentrasi > 90 kg/ha memberikan dampak negatif yang drastis terhadap populasi dan aktivitas mikrob tanah. Ini berkaitan dengan toksisitas amonium, yaitu efek osmotik dan keasaman tanah (Biederbeck *et al.* 1996 dan Zhang *et al.* 2008).

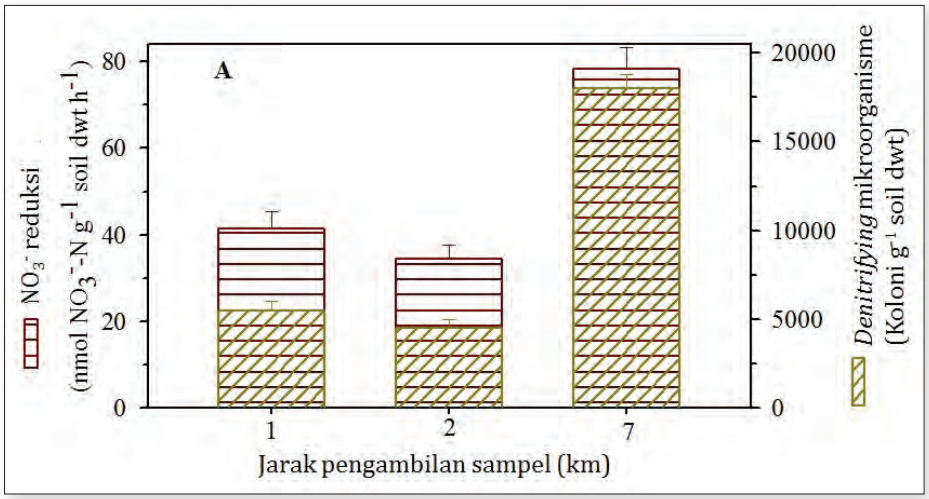
Pemantauan di daerah kawasan Cipanas terhadap komunitas mikrob pada tanah dengan praktik pertanian intesif (aplikasi pestisida dan pupuk kimia sintesis tinggi), pertanian semi-organik (aplikasi pestisida dan pupuk kimia sintesis sedang) dan pertanian organik, menunjukkan bahwa aktivitas respirasi yang mencerminkan kelimpahan mikrob dan aktivitas enzim yang terlibat dalam siklus hara lebih rendah pada tanah pertanian intensif dibanding pada tanah pertanian organik. Jumlah populasi jamur tanah pada pertanian intesif lebih rendah dibanding tanah pertanian organik.

Dampak negatif yang mencolok dari pertanian intensif di Cipanas yang mengandalkan pupuk kimia sintetis dan pestisida terhadap sifat biokimia tanah (populasi mikrob dan aktivitasnya) juga dilaporkan oleh peneliti



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep.*

Gambar 119. Keberadaan populasi mikrob umum dalam kaitannya dengan tingkat pencemaran logam berat pada lokasi *sampling* berdasar jarak dari sumber polutan di Sungai Cikijing, Rancaekek-Bandung

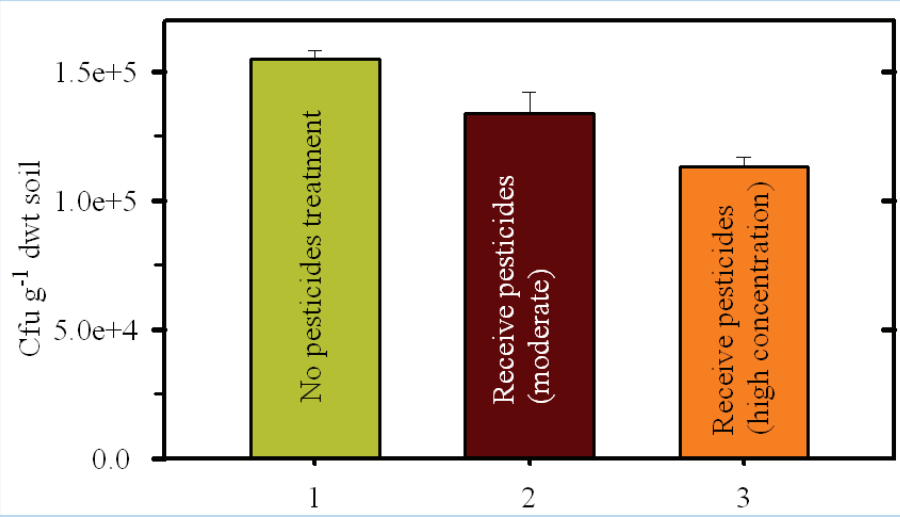


Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep.*

Gambar 120. Populasi mikrob agen denitrifikasi dan aktivitas reduksi Nitrat pada lokasi sampling berdasar jarak dari sumber polutan di Sungai Cikijing, Rancaekek-Bandung

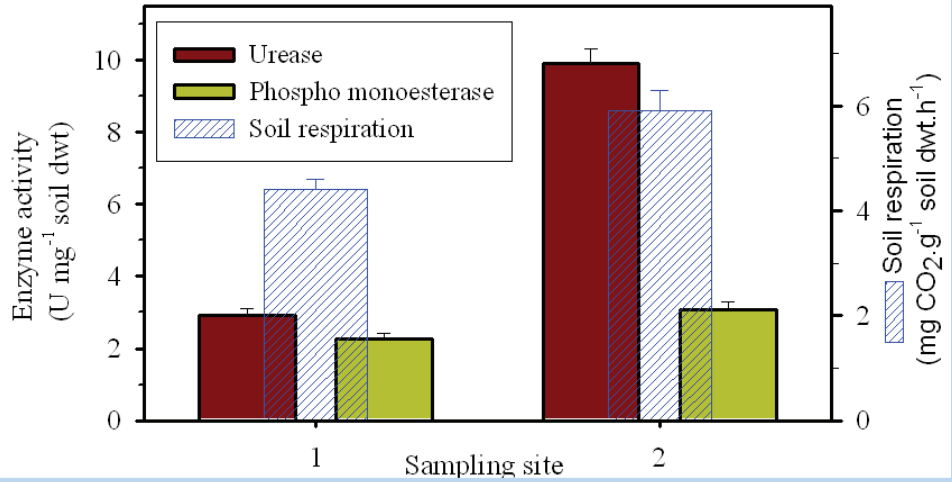
Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep.*

Gambar 121. Limbah buangan pabrik tekstil yang masuk saluran irigasi persawahan (A), *sampling* tanah sawah tercemar logam berat limpasan limbah (B)



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep.*

Jumlah populasi jamur pada tanah yang terpapar pestisida dengan intensitas yang berbeda dan tanpa perlakuan pestisida



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep.*

Korelasi antara aktivitas mikrob tanah dengan aplikasi pestisida pada praktik pertanian yang berbeda

Belgia (Moeskops *et al*. 2010) yang melakukan penelitian bersama dengan Pusat Penelitian Tanah-Bogor. Dijelaskan lebih lanjut bahwa terdapat perbedaan yang mencolok antara komunitas mikrob pada tanah pertanian intensif, pertanian organik, dan hutan alami.

9.4 Eksploitasi yang Berlebihan

Eksploitasi kehidupan liar yang berlebihan menyebabkan beberapa jenis kehati terancam punah. Oleh sebab itu, pemanenan tumbuhan dan satwa liar yang diperdagangkan perlu diformulasikan dengan baik dan tidak hanya berdasarkan permintaan pembeli atau pengusaha atau daerah yang ingin mengeksploitasi. Konvensi perdagangan satwa dan tumbuhan liar (CITES) mengatur volume perdagangan internasional pada tingkatan jenis yang dikelompokkan ke dalam Apendiks I , II, dan III.

IUCN juga mengeluarkan data tentang satwa dan tumbuhan liar yang terancam punah secara berkala dalam kategori *red list*. Di dalam data tersebut dinyatakan bahwa 1 jenis flora dan 2 fauna di Indonesia punah di alam dan beberapa jenis terancam punah.

Contoh jenis burung yang mengalami eksploitasi berlebihan adalah *Sturnus contra* dan *Gracula religiosa*. Kedua jenis ini diperkirakan mengalami kepunahan setempat karena terputusnya regenerasi akibat pengambilan anakan dari sarang. Seharusnya hal ini tidak

terjadi karena kedua jenis tersebut dapat hidup di kawasan pertanian. Kegemaran masyarakat memelihara burung diduga juga menjadi penyebab utama terjadinya eksploitasi burung dari alam secara berlebihan.

Jenis burung lainnya, yaitu merpati pemakan buah, *Treron oxyura*, *T. vernans*, *T. sphenura*, *T. Curvirostra* serta *Ptilinopus melanospila*, menjadi langka karena terputusnya ketersediaan pakan. Berbagai tumbuhan hutan telah diganti dengan buah-buahan budi daya manusia. Hal demikian terjadi juga pada berbagai burung pemakan serangga, antara lain *Megalaima lineata*, *M. javensis*, *M. corvina*, *Celeus brachyurus*, *Dinopium javanense*, *Dendrocopos macei*, *Meiglyptes tristis*, *Chloropsis cochinchinensis*, *Pycnonotus melanicterus*, *Dicrurus annectans*, *Dicrurus hottentottus* dan *Dicrurus paradiseus* serta pemakan madu antara lain *Anthreptes malacensis*, *Nectarinia calcostetha*, *Aethopyga siparaja*, *Aethopyga mystacalis*, *Aethopyga temminckii*, *Arachnothera longirostra*, *Arachnothera robusta*, dan *Prionochilus thoracicus*.

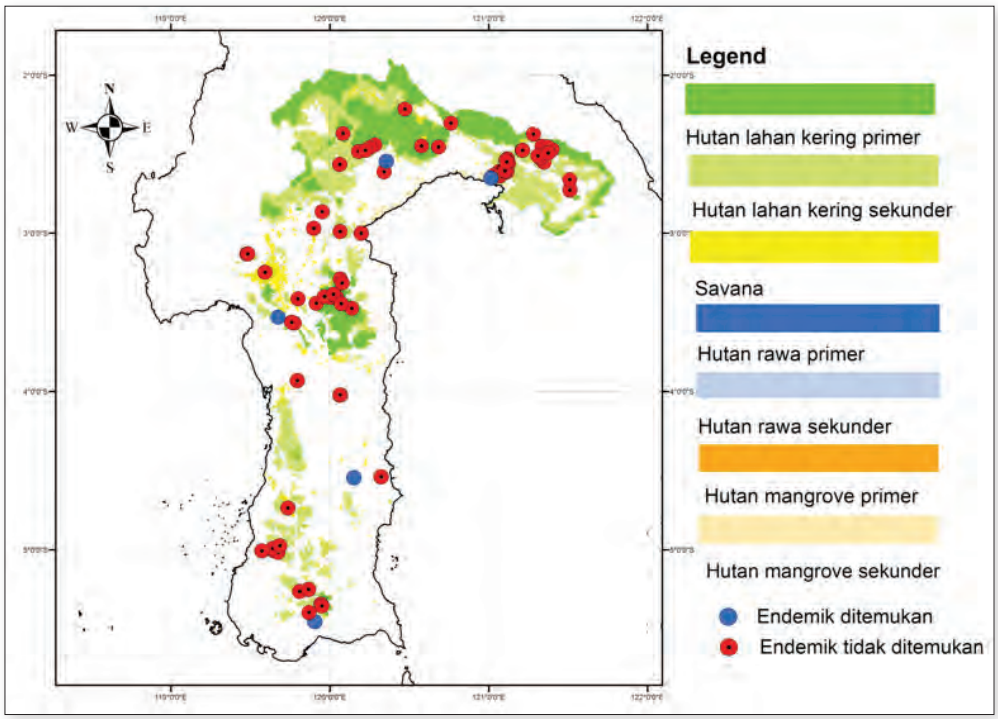
Penebangan pohon bernilai ekonomis secara berlebihan akan menyebabkan rusaknya eksositem yang pada akhirnya menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati, termasuk di dalamnya adalah jenis-jenis endemik. Pada Gambar 122 ditampilkan contoh hilangnya jenis endemik di Sulawesi Selatan karena perubahan fungsi hutan dan

Perdagangan tumbuhan dan satwa liar secara langsung telah menekan jumlah populasi di alam sehingga tidak sedikit jenis yang terancam punah. Dalam rangka mengontrol arus perdagangan antarnegara terhadap tumbuhan dan satwa liar, 180 negara yang mengadopsi konvensi *Convention on Internasional Trade of Endangered Species of Fauna and Flora* (CITES) sepakat untuk saling memantau jenis yang diperdagangkan. Dalam konvensi, semua tumbuhan dan satwa liar yang dapat diperdagangkan antarnegara dikategorikan ke dalam Apendiks I, II & III.

Appendiks I adalah kelompok tumbuhan dan satwa liar yang tidak dapat diperdagangkan sehingga hanya hasil penangkaran atau budi daya yang boleh diperdagangkan.

Appendiks II adalah kelompok tumbuhan dan satwa liar yang belum terancam secara langsung oleh adanya perdagangan sehingga harus dikontrol melalui penetapan kuota.

Appendiks III adalah kelompok tumbuhan dan satwa liar yang dilarang diperdagangkan atas permintaan satu negara anggota dan terbatas hanya untuk asal negara pengaju tersebut.



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 122. Peta jenis endemik di Sulawesi Selatan

eksploitasi berlebihan. Jenis endemik, seperti *Agalmyla* hanya dapat ditemukan di lahan kering primer pada gunung yang tinggi, G. Lompobatang dan G. Latimojong.

9.5 Perubahan Iklim

Perubahan iklim global banyak dikaitkan dengan adanya dinamika iklim yang tidak mengikuti pola alami yang sudah berjalan ratusan tahun. Kasus La Nina dan El Nino mencerminkan bahwa iklim telah berubah atau bergeser. Perubahan ini berdampak pada perubahan pola sebaran dan hilangnya biota yang tidak dapat beradaptasi. Meskipun demikian, penelitian secara konkret tentang dampak perubahan iklim terhadap perilaku, persebaran, dan kepunahan biota di Indonesia masih belum banyak dilakukan secara mendalam. Laporan yang ada masih cenderung sebagai suatu kajian teoretis atau indikatif. Meskipun belum ada penelitian yang dilakukan secara mendalam, sudah ditemukan indikasi pengaruh pergeseran musim terhadap sistem pembungaan. Hal ini juga dapat menyebabkan perubahan pada pola perilaku polinator dan hewan lain yang hidupnya bergantung pada ketersediaan buah dan bunga. Selanjutnya, hilangnya polinator jenis flora tertentu mengakibatkan kurang berkembangnya jenis flora tersebut.

Rafflesia pricei
Wiriadinata | 2008

LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 10
PERLINDUNGAN DAN PENYELAMATAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

BAB 10 | PERLINDUNGAN DAN PENYELAMATAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

Perlindungan dan penyelamatan keanekaragaman hayati Indonesia telah lama dilakukan berdasarkan kekhasan ekosistem dan jenis di suatu kawasan, dengan diterbitkannya peraturan perundangan sejak tahun 1931. Sesuai amanat UUD 1945 Pasal 33 maka diterbitkan UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya dan UU No. 5 Tahun 1994 tentang Keanekaragaman Hayati. Pelaksanaan perlindungan jenis tumbuhan dan satwa mengacu pada PP No. 7 Tahun 1999 tentang Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa dengan menetapkan 294 jenis dilindungi. Perlindungan sumber daya perikanan diatur secara terpisah dalam Pasal 13 Undang-Undang No. 31 Tahun 2004 yang diatur lebih lanjut dengan PP No. 60 Tahun 2007. Selanjutnya, Kementerian Negara Lingkungan Hidup mengeluarkan Peraturan No. 29 Tahun 2009 tentang Pedoman Konservasi Keanekaragaman Hayati. Kriteria penetapan perlindungan suatu jenis fauna diusulkan oleh Noerdjito & Maryanto (2005), dengan mengacu pada undang-undang yang berlaku di Indonesia dan berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan oleh IUCN.

Usaha-usaha pemerintah untuk perlindungan dan penyelamatan keanekaragaman hayati Indonesia dilakukan dengan pembentukan kawasan konservasi *in situ* dan *ex situ*. Peran pemerintah daerah juga penting untuk melakukan aksi-aksi sesuai dengan kriteria perlindungan yang sudah disebutkan di atas sehingga diharapkan setiap daerah dapat membuat perlindungan daerah atau kawasan setempat.

10.1 Kawasan Konservasi *In Situ*

Kawasan *in situ* adalah kawasan perlindungan di habitat alami. Kawasan ini ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan dengan batas-batas yang jelas. Berdasarkan PP No. 68 Tahun 1998 ditetapkan Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam sebagai kawasan konservasi, sedangkan Cagar Biosfer dan Warisan Dunia (*World Heritage*) ditetapkan oleh UNESCO.

Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Perlindungan Alam

Luas total hutan di Indonesia berkisar 131 juta hektare. Pemerintah telah menetapkan sekitar 49% wilayah hutan tersebut sebagai kawasan perlindungan alam dalam bentuk hutan lindung dan hutan konservasi, selebihnya dapat dimanfaatkan sebagai hutan produksi (Tabel 45). Pengelolaan kawasan suaka alam (KSA) dan kawasan pelestarian alam (KPA) ini diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 28 Tahun 2011, saat ini telah mencapai 528 wilayah dengan luas total sekitar 31,15 juta hektare (Tabel 46 dan Gambar 123). Bentuk kawasan konservasi yang paling banyak adalah Cagar Alam, Taman Wisata Alam, Suaka Margasatwa, dan Taman Nasional.

Tabel 45. Luas Tiga Tipe Pengelolaan Hutan di Indonesia

No.	Tipe Hutan	Luas (ribu ha)	Persentase
1.	Hutan Produksi	66,35	50,65
2.	Hutan Lindung	33,5	25,57
3.	Hutan Konservasi	31,15	23,78
	Total	131,00	100

Sumber: *http://www.ditjenphka.go.id/index.php?a=dk, Partono 2014*

KAWASAN SUAKA ALAM

Cagar Alam
Kawasan suaka alam (KSA) dengan keadaan alamnya mempunyai kekhasan/keunikan pada jenis tumbuhan dan/atau keanekaragaman tumbuhan beserta gejala alam dan ekosistemnya sehingga memerlukan upaya perlindungan dan pelestarian agar keberadaan dan perkembangannya dapat berlangsung secara alami.

Suaka Marga Satwa
KSA yang mempunyai kekhasan/keunikan pada jenis satwa liar dan/atau keanekaragaman satwa liar dan untuk kelangsungan hidupnya memerlukan upaya perlindungan dan pembinaan terhadap populasi dan habitatnya.

KAWASAN PERLINDUNGAN ALAM

Taman Nasional
Kawasan perlindungan alam (KPA) berekosistem asli yang dikelola dengan sistem zonasi dan dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, penunjang budaya, pariwisata, dan rekreasi.

Taman Hutan Raya
KPA untuk tujuan koleksi tumbuhan dan/atau satwa, baik alami maupun tidak alami, jenis asli dan/atau tidak jenis asli, yang tidak invasif dan dimanfaatkan untuk kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, penunjang budi daya, budaya, pariwisata, dan rekreasi.

Taman Wisata Alam
KPA yang dimanfaatkan terutama untuk kepentingan pariwisata alam dan rekreasi.

Tabel 46. Luas dan Jumlah Kawasan Konservasi di Indonesia

No.	Kawasan	Area (ha)	Jumlah
1	Cagar Alam	3.923.001,66	216
2	Cagar Alam Laut	152.610,00	5
3	Suaka Margasatwa	5.024.138,29	71
4	Suaka Margasatwa Laut	5.588,25	4
5	Taman Nasional	16.375.000,00	50
6	Taman Nasional Laut	4.043.541,30	7
7	Taman Wisata Alam	257.323,85	101
8	Taman Wisata Alam Laut	491.248,00	14
9	Taman Hutan Raya	351.680,41	23
10	Taman Buru	220.951,44	13
11	KSA/KPA	309.880,30	24
	Jumlah	31.154.963,50	528

Sumber: *http://www.ditjenphka.go.id/index.php?a=dk, Partono 2014*

Sumber: *http://www.ditjenphka.go.id/index.php?a=dk,* Partono 2014

Gambar 123. Persebaran Kawasan Konservasi di Indonesia

KAWASAN TAMAN BURU

Taman Buru adalah kawasan konservasi *in situ* yang ditetapkan sebagai tempat wisata berburu atau tempat diselenggarakan perburuan secara teratur. Undang-Undang No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan telah menetapkan Taman Buru sebagai tempat wisata buru. Pelaksanaan Taman Buru diatur dalam PP No. 13 Tahun 1994 tentang Perburuan Satwa Buru dan Permenhut Nomor: P.14/Menhut-II/2007 tentang Tata Cara Evaluasi Fungsi Kawasan Suaka Alam, Kawasan Pelestarian Alam, dan Taman Buru. Saat ini Taman Buru yang sudah ditetapkan oleh Kemenhut adalah 13 kawasan dengan luas sekitar 200 ribu hektare.

Satwa yang dikelola dalam Taman Buru diatur dalam P.19/Menhut-II/2010 tentang Penggolongan dan Tata Cara Penetapan Jumlah Satwa Buru. Satwa buru yang dimaksud harus memiliki kriteria a) satwa liar yang tidak dilindungi, b) jenis satwa dilindungi dapat ditetapkan sebagai satwa buru dengan perhitungan populasi yang stabil, c) jenis satwa dilindungi yang ditetapkan sebagai satwa buru dikelola dengan ketetapan untuk pembinaan populasi, pembinaan habitat, pengendalian hama, dan pemanfaatan hasil penangkaran.

Kawasan Cagar Biosfer dan Warisan Dunia

Dalam usaha melestarikan kehati Indonesia, pemerintah telah meratifikasi konvensi internasional yang berkaitan dengan upaya perlindungan kehati. Pemerintah Indonesia bekerja sama dengan UNESCO menjalankan program *Man and Biosphere* (MAB) Indonesia sejak tahun 1972. Program MAB bertujuan untuk mensinergikan konservasi kehati, pembangunan ekonomi, dan pemberdayaan kebudayaan nusantara untuk kesejahteraan bangsa. Salah satu luaran kegiatan program MAB Indonesia ini adalah terbentuknya cagar biosfer, yang memadukan fungsi perlindungan lanskap, ekosistem, jenis, dan plasma nutfah dengan pembangunan ekonomi yang berkelanjutan. Cagar biosfer juga memberikan kontribusi yang sesuai dengan tujuan Konvensi Keanekaragaman Hayati (*Convention on Biological Diversity*-CBD). Sejak dicanangkannya program ini, Indonesia telah memiliki delapan cagar biosfer.

Selain MAB, program lain UNESCO yang dijalankan di Indonesia adalah penetapan kawasan warisan dunia (*World Heritage*). Program ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengonservasi warisan budaya dunia (*Cultural World Heritage*) dan warisan alam dunia (*Natural World Heritage*) yang memiliki nilai-nilai luhur bagi kemanusiaan. Wujud dari warisan dunia bermacam-macam mulai dari ekosistem unik sampai peninggalan sejarah yang unik.

Kawasan Danau

Indonesia memiliki sekitar 840 danau dan 735 situ dengan luas sekitar 5.000 km^2. Danau terluas di Indonesia adalah Danau Toba (110.260 ha), sedangkan yang paling dalam adalah Danau Matano dengan kedalaman 600 m. Beberapa danau khususnya di Sumatra, Sulawesi, dan Papua memiliki flora dan fauna endemik (Komite Nasional Ekosistem Lahan Basah 2004). Jumlah danau yang memiliki luas lebih dari 10 ha ada 521 buah, dengan luas total 491.724 ha yang tersebar di semua kepulauan terutama di Sumatra, Sulawesi, Kalimantan, dan Papua (Nontji 1991).

Sejak tahun 1972 di Indonesia telah ditetapkan 8 Cagar Biosfer, kemudian sejak 1991 empat warisan alam dunia (*Natural World Heritage*) dan empat warisan budaya dunia (*Cultural World Heritage*).

Cagar Biosfer

1. Cagar Biosfer Cibodas (TN Gunung Gede-Pangrango, Jawa Barat) (1977)
2. Cagar Biosfer Komodo, Nusa Tenggara Timur (1977)
3. Cagar Biosfer Lore Lindu, Sulawesi Tengah (1977)
4. Cagar Biosfer Tanjung Putting, Kalimantan Tengah (1977)
5. Cagar Biosfer Gunung Leuser (1981)
6. Cagar Biosfer Siberut, P. Siberut (1981)
7. Cagar Biosfer Giam Siak Kecil-Bukit Batu (2009)
8. Cagar Biosfer Wakatobi (2012)

Cagar Biosfer dalam Proses Pengajuan

1. Taka Bone Rate (Sulawesi Selatan)
2. Bromo Tengger (Jawa Timur)

Kawasan Warisan Alam Dunia

1. Situs Warisan Dunia Komodo (1991)
2. TN Ujung Kulon (1991)
3. TN Lorentz (1999)
4. Hutan Hujan Tropis Sumatra (2004)

Kawasan Warisan Budaya Dunia

1. Candi Borobudur (1991)
2. Prambanan (1991)
3. Sangiran (1996)
4. Lanskap Bali–Subak (2012)

Indonesia juga memiliki 3 dari 20 danau terdalam di dunia dengan kedalaman lebih dari 400 m (KLH 2010).

Permasalahan danau terutama disebabkan oleh faktor eksternal, yang terkait dengan kondisi dan aktivitas kawasan daerah aliran sungai (DAS). Oleh karena itu, pengelolaan dan pemantauan harus dilakukan dengan memperhatikan Kepmenhut Nomor 52 Tahun 2001 tentang Pedoman Penyelenggaraan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Mengingat pentingnya fungsi danau, KLH (2010) telah menetapkan prioritas pengelolaan ekosistem danau sekaligus rencana induk penyelamatan 15 danau utama, yaitu Toba-Sumut, Singkarak-Sumbar, Maninjau, Kerinci-Jambi, Tondano-Sulut, Limboto-Gorontalo, Poso-Sulteng, Tempe-Sulsel, Matano-Sulsel, Mahakam-Kaltim, Sentarum-Kalbar, Sentani-Papua, dan Rawa Danau-Banten, Batur-Bali, Rawa Pening-Jateng. Dalam pedoman tersebut, penyelamatan danau ditujukan untuk memulihkan, melestarikan, dan mempertahankan fungsi danau berdasarkan prinsip keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungannya.

10.2 Kawasan Konservasi *Ex Situ*

Kawasan konservasi *ex situ* adalah kawasan perlindungan di luar habitat alaminya. Kawasan konservasi *ex situ* yang dibahas pada buku ini adalah Kebun Raya dan Taman Kehati, Arboretum, dan Kebun Plasma Nutfah yang telah dibahas pada Bab 4.

10.2.1 Kebun Raya

Tekanan dan ancaman yang tinggi terhadap keanekaragaman tumbuhan di habitatnya menuntut dilakukannya pembangunan dan pengelolaan kawasan konservasi secara *ex situ*. Salah satu bentuk konservasi *ex situ* yang telah mendunia adalah kebun raya. Dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia tahun 2011, kebun raya didefinisikan sebagai kawasan konservasi tumbuhan secara *ex situ* yang memiliki koleksi tumbuhan terdokumentasi dan ditata berdasarkan pola klasifikasi taksonomi, bioregion, tematik, atau kombinasi dari pola-pola tersebut untuk tujuan kegiatan konservasi, penelitian, pendidikan, wisata, dan jasa lingkungan. Sejak kebun raya berdiri pada masa kolonial hingga terbitnya peraturan tentang kebun raya, telah berdiri 25 kebun raya yang merepresentasikan 15 ekoregion Indonesia dengan luas total 4.078,6 ha (Purnomo *et al.* 2013), sedangkan dua kebun raya baru yang direncanakan untuk dibangun sampai dengan pertengahan tahun 2014 belum termasuk dalam buku ini. Kebun raya yang berada di bawah LIPI, baru mengonservasi sekitar 24% dari perkiraan 30–40% jenis yang terancam punah (Purnomo *et al.* 2010; 2013). Untuk menampung dan mengonservasi jenis-jenis tumbuhan yang khas dan spesifik ekoregion Indonesia, diperlukan setidaknya 47 kebun raya. Pendekatan ekoregion dipilih karena komprehensif dengan mempertimbangkan keseluruhan kondisi biofisik lingkungan yang meliputi iklim, tanah, air, tumbuhan, dan satwa asli, juga pola interaksi manusia dengan alam yang menggambarkan integritas sistem alam dan lingkungan hidup.

Pembangunan kebun raya di luar pengelolaan LIPI dimulai sejak tahun 1999 yang dikembangkan di bawah pengelolaan pemerintah daerah kabupaten/kota atau provinsi, yang diawali dengan Kebun Raya Bukit Sari di Provinsi Jambi. Sejak saat itu pemerintah daerah yang membutuhkan dan berkomitmen membangun kebun raya di daerahnya semakin bertambah. Data dan informasi mengenai koleksi jenis tumbuhan di seluruh kebun raya Indonesia, diintegrasikan di Kebun Raya Bogor LIPI sebagai Pusat Konservasi Tumbuhan (PKT), dalam bentuk *database* Sistem Informasi Registrasi Kebun Raya (SIGit). Hingga saat ini, baru sekitar 79% jenis koleksi di seluruh kebun raya di Indonesia tercatat dalam *database* di PKT Kebun Raya Bogor (Tabel 47). Peta persebaran kebun raya di Indonesia disajikan pada Gambar 124 dan Gambar 125.

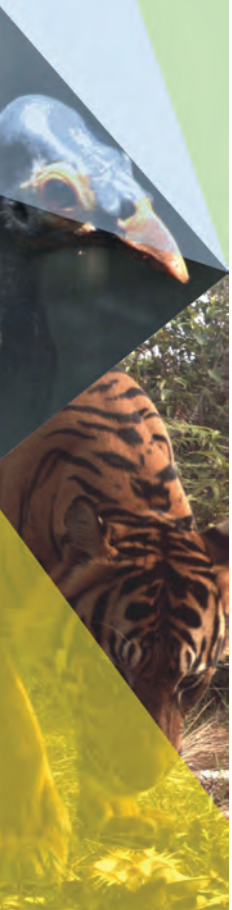
Selain melalui upaya perluasan kawasan *ex situ* berupa kebun raya di berbagai daerah, kebun raya juga melakukan penetapan prioritas jenis flora Indonesia untuk dikonservasi secara *ex situ* (Risna *et al.* 2010). Prioritas tersebut sangat penting dilakukan mengingat Indonesia memiliki kekayaan dan keanekaragaman jenis tumbuhan yang sangat tinggi di dunia (± 30.000–40.000 jenis atau peringkat ke-5 di dunia) dengan tingkat endemisitas ± 55%. Sementara itu, Indonesia menduduki peringkat ke-4 dunia dalam hal jumlah jenis

Tabel 47. Jumlah Koleksi Tumbuhan di Kebun Raya Indonesia (hingga Juni 2013)

No.	Kebun Raya	Lokasi	Luas (ha)	Jumlah Koleksi (Jenis)	Ekoregion
1	KR Bogor	Bogor, Jawa Barat	87	3.972	9. Hutan hujan Jawa bagian barat
2	KR Cibodas	Cianjur, Jawa Barat	120	1.929	11. Hutan hujan peg. Jawa bagian barat
3	KR Purwodadi	Pasuruan, Jawa Timur	85	2.207	10. Hutan hujan Jawa bagian timur
4	KR 'Eka Karya' Bali	Tabanan, Bali	157,5	2.383	12. Hutan hujan peg. Jawa bagian Timur-Bali
5	KR Baturraden	Banyumas, Jawa Tengah	142	509	11. Hutan hujan peg. Jawa bagian Barat
6	KR 'Bukit Sari' Jambi	Tebo dan Batanghari, Jambi	425	168	1b. Hutan hujan pamah Sumatra
7	KR Enrekang	Enrekang, Sulawesi Selatan	300	129	17b. Hutan hujan pamah Sulawesi
8	KR Katingan	Katingan, Kalimantan Tengah	127	87	8b. Hutan kerangas Kalimantan
9	KR Pucak	Maros, Sulawesi Selatan	120	113	17b. Hutan hujan pamah Sulawesi
10	KR Balikpapan	Balikpapan, Kalimantan Timur	309	192	8b. Hutan kerangas Kalimantan
11	KR Kuningan	Kuningan, Jawa Barat	172	191	11. Hutan hujan peg. Jawa bagian Barat
12	KR Liwa	Lampung Barat, Lampung	116	234	2. Hutan hujan pegunungan Sumatra
13	KR Samosir	Samosir, Sumatra Utara	100	540	15. Hutan tropis pinus Sumatra
14	KR Batam	Batam, Kepulauan Riau	86	-	38. Hutan hujan Kepulauan Riau
15	KR Sambas	Sambas, Kalimantan Barat	300	-	14. Hutan hujan pamah Kalimantan
16	KR Sanggau	Sanggau, Kalimantan Barat	328	-	14. Hutan hujan pamah Kalimantan
17	KR Lombok	Lombok Timur, NTB	130	82	19. Hutan gugur daun Kepulauan Sunda Kecil
18	KR Solok	Solok, Sumatra Barat	112,6	-	2. Hutan hujan pegunungan Sumatra
19	KR Minahasa	Minahasa, Sulawesi Utara	186	-	18. Hutan hujan pegunungan Sulawesi
20	KR Kendari	Kendari, Sulawesi Tenggara	113	-	17b. Hutan hujan pamah Sulawesi
21	KR Jompie Parepare	Parepare, Sulawesi Selatan	13,5	115	17b. Hutan hujan pamah Sulawesi
22	KR Kalimantan Selatan	Banjarbaru, Kalimantan Selatan	122,13	7	14. Hutan hujan pamah Kalimantan
23	KR Sumatra Selatan	Ogan Ilir, Sumatra Selatan	100	5	4. Hutan rawa gambut Sumatra
24	KR Cibinong	Bogor, Jawa Barat	32	-	9. Hutan hujan Jawa bagian barat
25	KR Wamena	Jayawijaya, Papua	160	-	32. Hutan pegunungan Papua bagian tengah

Sumber: SIGit 2014; PKT Kebun Raya-LIPI 2014; Purnomo *et al.* 2013

(angka yang mengikuti penjelasan dalam kolom ekoregion menunjukkan nomor urut tipe ekoregion yang ada di Indonesia sebagaimana terlihat pada Gambar 125).



Sumber: PKT Kebun Raya-LIPI 2014
Keterangan: ● = Kebun raya di bawah pengelolaan LIPI; ● = Kebun raya di bawah Pemerintah Daerah.

Gambar 124. Peta persebaran kebun raya di Indonesia

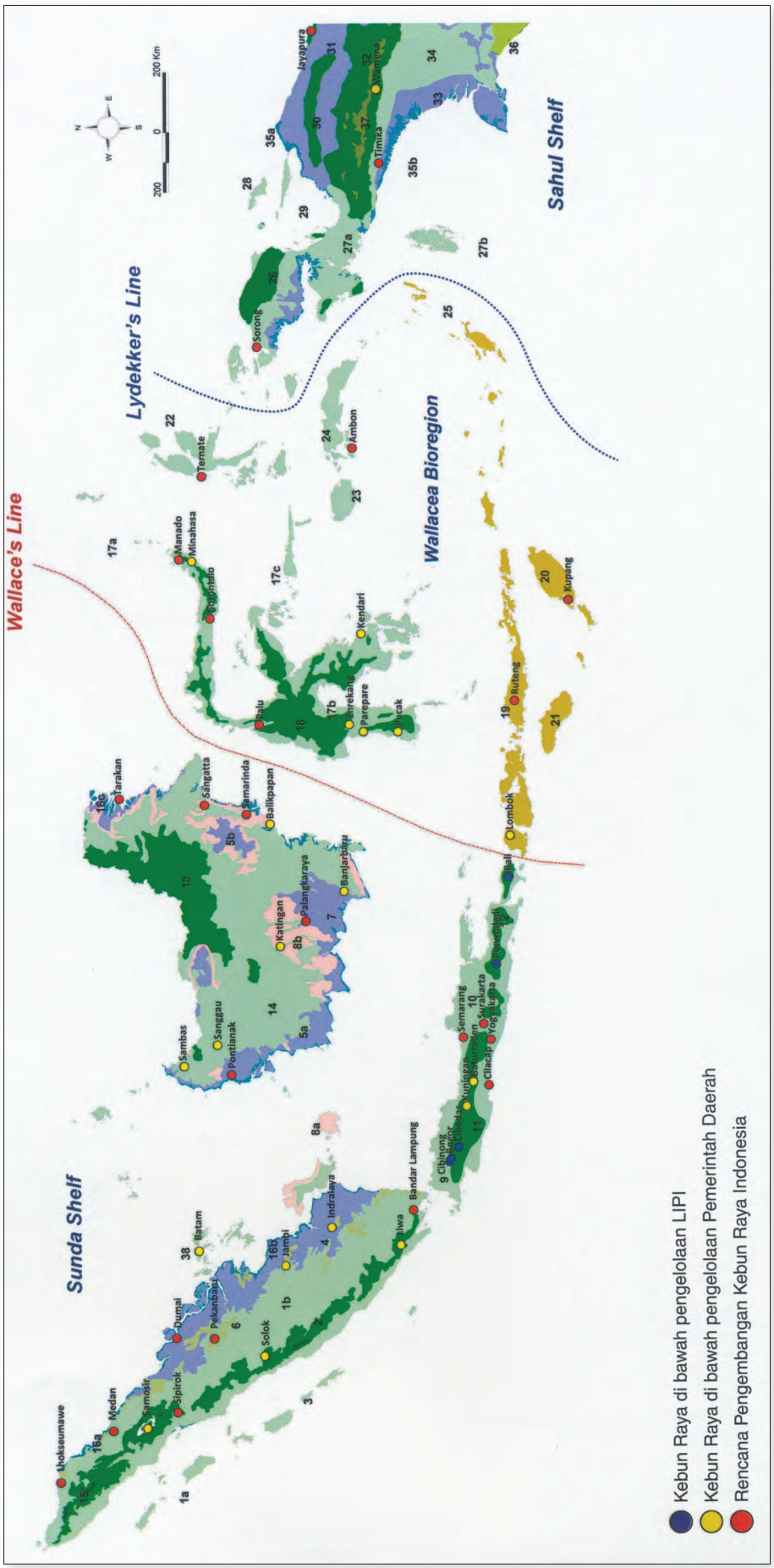
terancam kepunahan dan dihadapkan pada tekanan terhadap kerusakan habitat. Oleh karena itu, daftar jenis prioritas tersebut dapat menjadi acuan dalam eksplorasi dan konservasi serta perlu diupayakan pemulihan populasinya di alam.

Program konservasi *ex situ* yang dilakukan oleh Pusat Konservasi Tumbuhan (Kebun Raya Bogor LIPI) sejak tahun 2000 mulai diintegrasikan dengan upaya konservasi *in situ*, berupa program reintroduksi jenis terancam punah untuk memulihkan populasi di alam. Sejak dimulainya program tersebut, hingga kini telah dilakukan reintroduksi enam jenis flora terancam punah, yaitu *Calamus manan* (rotan manau), *Pinanga javana* (pinang jawa), *Alstonia scholaris* (pulai), *Stelechocarpus burahol* (kepel), *Intsia bijuga*, dan *Diospyros macrophylla*, yang seluruhnya masih memerlukan upaya pemantauan mengenai keberhasilannya. *Vatica bantamensis* akan segera dilepas ke habitatnya di tahun 2014. Jenis-jenis terancam punah dengan daerah persebaran sempit lainnya masih diteliti status populasi alaminya untuk dimasukkan ke dalam program-program reintroduksi dan pemulihan jenis, seperti *Dipterocarpus littoralis*, *D. cinereus*, *Hopea bancana*, *H. nigra*, dan *Vatica teiysmanniana*.

10.2.2 Taman Keanekaragaman Hayati

Pembangunan taman keanekaragaman hayati (taman kehati) dituangkan dalam Pasal 57 ayat (1) huruf b Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Pemerintah pusat, provinsi, kabupaten/kota atau perseorangan diamanatkan untuk membangun taman kehati sebagai upaya pencadangan sumber daya alam termasuk sumber daya alam hayati. Undang-undang tersebut kemudian dijabarkan dalam bentuk Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 3 Tahun 2012 tentang Taman Kehati yang mengatur tata cara perencanaan, pengelolaan, dan pemantauannya.

Taman kehati pada intinya adalah sebuah kawasan pencadangan sumber daya alam hayati lokal yang diharapkan mampu mendukung kelestarian tumbuhan beserta satwa penyerbuk dan pemencar biji. Prioritas jenis yang akan diselamatkan pada taman ini adalah tumbuhan lokal, endemik, dan langka, yang penataannya didasarkan pada pendekatan ekosistem. Selain fungsi tersebut taman kehati diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai kawasan penyelamat tumbuhan lokal, sumber plasma nutfah, sarana pengembangan iptek, pendidikan dan penyuluhan, wisata alam, dan sebagai ruang terbuka hijau.



Sumber: Witono *et al.* 2012, PKT Kebun Raya-LIPI 2014

Gambar 125. Peta rencana pengembangan kebun raya di Indonesia

Dengan kehadiran taman kehati, pemerintah membuka peran serta masyarakat dalam upaya melestarikan kehati yang ada di sekitarnya. Sejak diundangkannya peraturan taman kehati, telah dibangun sebanyak 29 taman kehati yang tersebar di 29 kabupaten (13 provinsi; Gambar 126).

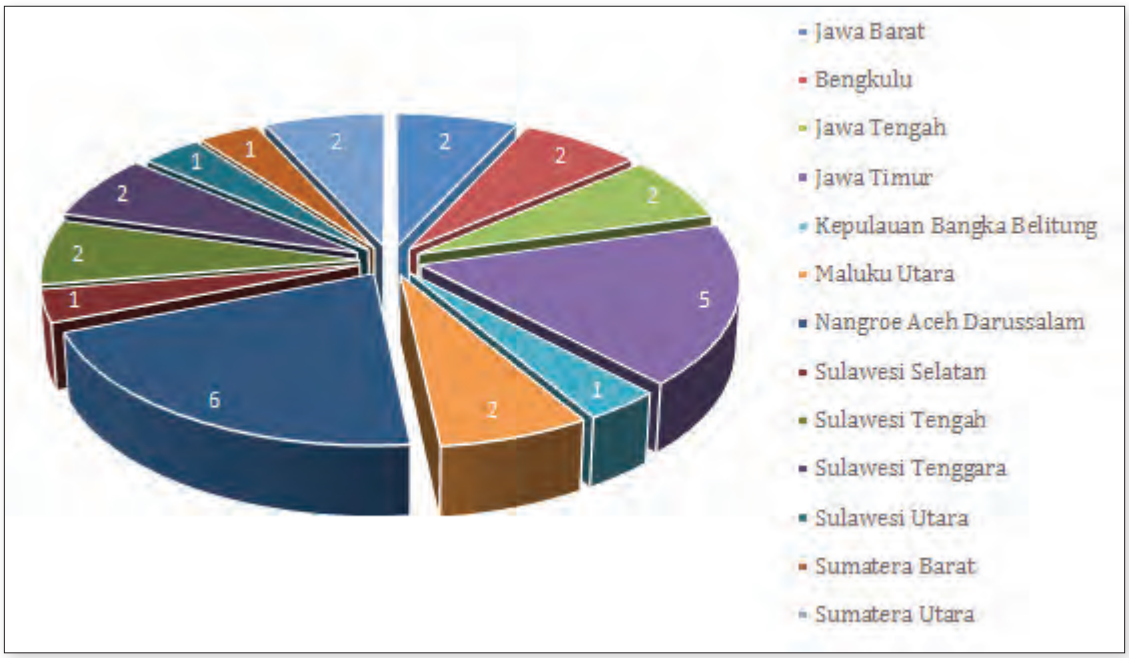
10.3 Inisiasi dan Legislasi

Dalam UUD 1945, kehati yang berupa ekosistem hutan tercakup dalam pengertian "bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat". UU No. 5 Tahun 1960 tentang Ketentuan Pokok-pokok Agraria dan UU No. 5 Tahun 1967 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Kehutanan merupakan dua turunan undang-undang di bidang konservasi. Hingga tahun 1999 untuk perlindungan kawasan konservasi tercatat tidak kurang dari 157 peraturan (Sembiring & Husbani 1999) telah diterbitkan. Dalam konteks otonomi daerah ada 515 peraturan perundangan terkait dengan pengelolaan SDA yang diterbitkan.

10.3.1 Perlindungan Jenis Melalui Hukum Formal

Perlindungan terhadap kekayaan jenis biota sudah diberlakukan sejak Pemerintah Hindia Belanda dan dilanjutkan pada masa kemerdekaan. Peraturan pertama kali terhadap perlindungan hayati Indonesia mengacu pada peraturan Surat Keputusan Ordonantie Peraturan Perlindungan Binatang Liar 1931 (*Dierenbeschermings Ordonnantie 1931 jis Dierenbeschermings Verordening 1931*) dan setelah kemerdekaan diikuti dengan berbagai macam Peraturan Menteri Pertanian dan akhirnya terangkum di dalam Peraturan Pemerintah No. 7 Tahun 1999 tertanggal 27 Januari 1999 tentang Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa. Peraturan perlindungan hayati secara nasional saat ini diterbitkan oleh Kementerian Kehutanan dan Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Terbitnya UU No. 31 Tahun 2004 tentang Perikanan menimbulkan tumpang tindih kewenangan dalam hal pengelolaan dan penetapan daftar perlindungan fauna Indonesia yang tercantum dalam UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber



Sumber: Puslit Biologi LIPI 2014, *in prep*

Gambar 126. Jumlah provinsi dan kabupaten yang telah mengembangkan taman kehati hingga tahun 2013

Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya dan PP No. 7 Tahun 1999 tentang Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa. Selain itu, pada PP No. 7 Tahun 1999, perlu ada revisi jenis yang dilindungi berdasarkan satuan unit taksonomi yang sama.

10.3.2 Perlindungan Biota Berdasarkan Peraturan Perlindungan Daerah

Terbitnya perundangan terkait otonomi daerah (UU No. 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah) dan pengakuan terhadap kearifan lokal yang telah lebih dahulu lahir, memungkinkan dikeluarkannya peraturan perlindungan tingkat daerah. Peraturan Walikota Ternate No. 22 Tahun 2010 tentang Pedoman Pelaksanaan Pelestarian Satwa Burung, Ikan, dan Mamalia yang Dilindungi dalam Daerah Kota Ternate dan Peraturan Daerah Kabupaten Mukomuko No. 4 Tahun 2010 tentang Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD)/Pengelolaan Konservasi Penyu di Kabupaten Mukomuko merupakan salah satu bentuk tindak lanjut peraturan daerah yang mengacu pada konservasi kehati.

Di beberapa daerah lain dijumpai pula peraturan perlindungan yang dikeluarkan pada tingkat desa, seperti Peraturan Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak No.: 145/78/XII/2012, Peraturan Desa Surodadi, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak No.: 474.5/294/XII/2012 tentang Pengelolaan Kawasan Pesisir dan Laut Desa Surodadi; Peraturan Desa Sriwulan, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak No.: 412/9 tentang Pengelolaan Kawasan Pesisir dan Laut Desa Sriwulan; Peraturan Desa untuk Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak No.: 7/15/XII/2012 tentang Pengelolaan Kawasan Pesisir dan Laut Desa Bedono.

Perlindungan ikan dewa (*Tor soro*) di Kuningan dan pelarangan/pembatasan penangkapan siput laut (lola, *Trochus niloticus* dan batu laga, dan *Turbo marmoratus*) dengan sistem "sasi" di Maluku dan Raja Ampat merupakan contoh pengakuan terhadap kearifan lokal. Adanya berbagai tingkatan produk hukum oleh pemerintah daerah perlu diharmonisasikan dan disinkronisasi dengan produk hukum di atasnya.

10.3.3 Pembentukan Kabupaten Konservasi

Kabupaten Konservasi adalah kabupaten yang dibentuk dengan tujuan mempertahankan pendapatan daerah melalui pengelolaan sumber daya hayati berkelanjutan tanpa alih fungsi lahan. Pembentukan dan realisasi terhadap kabupaten konservasi merupakan bukti kemandirian menghidupi daerahnya sendiri di masa otonomi daerah. Perwujudan atas kabupaten konservasi diharapkan dapat mencapai suatu tujuan, yaitu mengurangi tekanan penurunan kehati, sekaligus mendorong pemanfaatan sumber daya hayati lokal setempat tanpa harus mengurangi pendapatan daerah.

Pelaksanaan uji coba kabupaten konservasi melalui ketetapan Dirjen Bina Pembangunan Daerah No. 050/553/IV/Bangda Tahun 2007 telah dilakukan pada beberapa kabupaten, di antaranya Kabupaten Lebong (Bengkulu), Lampung Barat (Lampung), Kuningan (Jawa Barat), Kapuas Hulu (Kalimantan Barat), Malinau (Kalimantan Utara), Paser (Kalimantan Timur), dan Wakatobi (Sulawesi Tenggara). Pemantauan dan evaluasi pelaksanaan kabupaten konservasi masih diperlukan dalam konteks kesinambungan kegiatan konservasi kehati di kabupaten tersebut. Saat ini keberhasilan konsep ini tampak pada Kabupaten Kuningan, Jawa Barat.

10.4 Strategi Penyelamatan Ekosistem dan Jenis

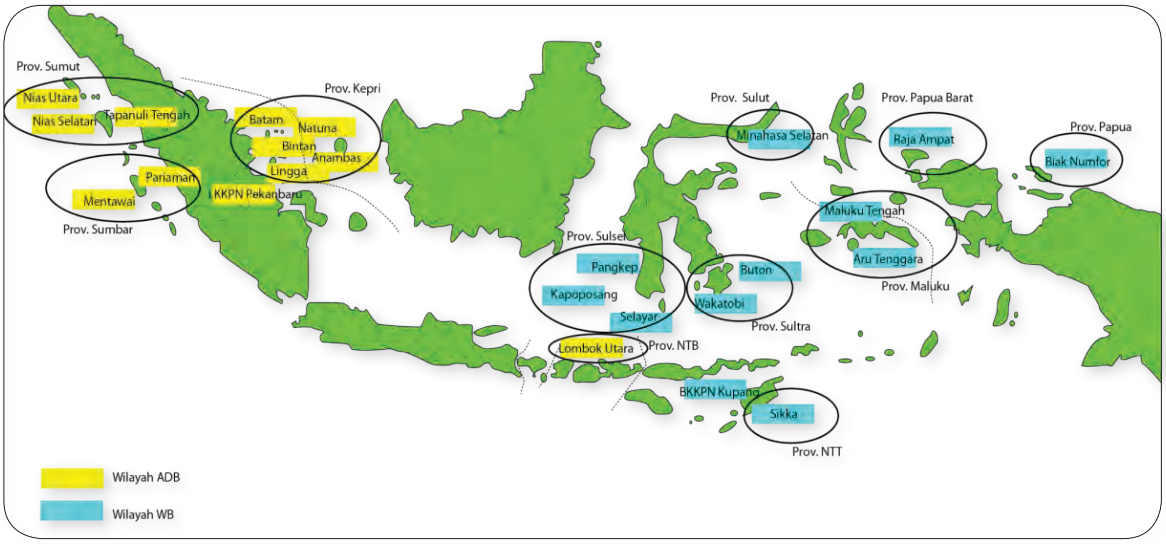
Indonesia tercatat sebagai negara ketiga yang memiliki luas hutan tropik terbesar di dunia. Data tutupan lahan Indonesia pada tahun 1950 menunjukkan sekitar 84% merupakan hutan, namun pada tahun 2005 sisa hutan menjadi 48,9%. Sekitar 55% sisa hutan tersebut adalah hutan primer. Kementerian Kehutanan menyatakan bahwa laju deforestrasi dari tahun 1987–1997 adalah sebesar 1,8 juta hektare per tahun, tetapi menurun menjadi 1,08 juta hektare per tahun pada kurun waktu 2000–2006 (Partono 2014).

Dalam upaya untuk melakukan penyelamatan jenis dan ekosistem yang ada di Indonesia banyak cara telah dilakukan oleh pemerintah, baik melalui berbagai macam aksi maupun peraturan yang diinisiasi pemerintah pusat, daerah ataupun Lembaga

Swadaya Masyarakat (LSM). Bentuk inisiasi perlindungan tersebut berupa pengembangan kawasan, perlindungan jenis hingga aksi konservasi.

10.4.1 Pengembangan Kawasan Konservasi Perairan Nasional Indonesia

Dalam rangka mengelola terumbu karang dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir, diperlukan kelembagaan pengelolaan terumbu karang berbasis ekosistem, konservasi, penyadartahuan, dan edukasi pada masyarakat. Berlandaskan acuan tersebut program penyelamatan terumbu karang, *Coral Reef Rehabilitation and Management Program* (Coremap) Indonesia telah berupaya meningkatkan tutupan karang pada tingkat optimal (rata-rata 50%) dan meningkatkan 2,5% biomassa jenis ikan karang target. Lokasi pengembangan kawasan konservasi perairan yang telah diusulkan meliputi 21 kabupaten pada 11 provinsi (Gambar 127).



Sumber: Coremap-CTI. 2012 Kementerian Kelautan dan Perikanan

Gambar 127. Wilayah persebaran pengembangan kawasan konservasi perairan

CORAL TRIANGLE INITIATIVE

Coral Triangle Initiative (CTI) merupakan suatu kerja sama multilateral yang fokus pada kawasan koral, dengan tujuan membentuk kerja sama yang berdampak global dan jangka panjang, yaitu pelestarian salah satu pusat kehati laut yang paling lengkap kehatinya.

Kawasan *Coral Triangle* (CT) membentang dari ujung utara Filipina, pantai timur Kalimantan sampai pulau Bali dan membentang ke arah paling timur Kepulauan Solomon sebagai kawasan yang memiliki kehati laut paling tinggi di dunia. Dalam kawasan CT dijumpai lebih dari 600 jenis karang (75% jenis karang yang telah diketahui), 53% terumbu karang, 3.000 jenis ikan, dan sebaran hutan bakau terbesar di dunia. Selain itu, CT menyediakan tempat pemijahan dan perkembangbiakan ikan tuna yang merupakan sumber bahan baku salah satu industri ikan tuna terbesar di dunia. Sumber daya hayati CT secara langsung menopang kehidupan lebih dari 120 juta orang yang tinggal di kawasan ini serta memberikan manfaat bagi jutaan manusia di seluruh penjuru dunia.

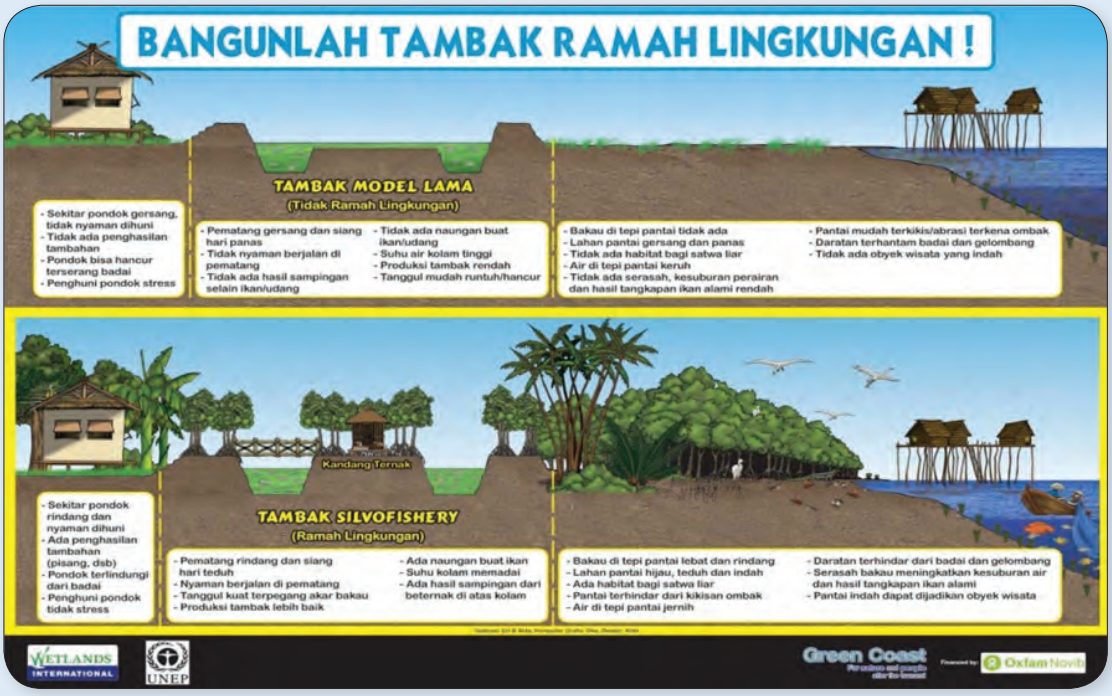
Sebanyak lima tujuan besar, 10 target, dan 38 program aksi regional ditetapkan untuk dapat dilaksanakan sampai dengan tahun 2020. Lima tujuan utama tersebut antara lain (a) penetapan dan pengelolaan secara efektif kawasan *bioecoregional* (*sea scapes*), (b) penerapan secara utuh pendekatan ekosistem untuk pengelolaan sumber daya perikanan dan sumber daya kelautan lainnya, (c) penetapan dan pengelolaan secara efektif jejaring kawasan konservasi laut, (d) adaptasi terhadap perubahan iklim, dan (e) membaiknya status jenis-jenis yang terancam punah.

Ekosistem hutan rawa air tawar adalah hutan yang mendiami kawasan dengan tanah mineral aluvial yang tergenang secara musiman. Hutan rawa air tawar biasanya terdapat di antara dua sungai atau peralihan antara hutan rawa gambut dan hutan dataran rendah (Komite Nasional Pengelolaan Ekosistem Lahan Basah 2004). Sebagian pantai utara pulau Jawa merupakan lahan basah dan rawa serta pantai berupa pasir, lumpur, dan mangrove. Setiap tipe ekosistem tersebut merupakan sediaan habitat spesifik bagi jenis-jenis burung migran yang setiap tahun mengunjungi kawasan tersebut. Namun, pengalihan fungsi lahan, terutama lahan basah, rawa, dan mangrove, menyebabkan habitat penyedia pakan dan/atau habitat perlindungan burung migran semakin menyempit.

Proses sedimentasi telah terjadi dalam skala besar di beberapa muara sungai, seperti muara sungai Cimanuk, Jawa Barat. Kejadian ini mempunyai sisi negatif dan positif. Dari segi konservasi, menunjukkan adanya erosi besar di daerah hulu, tetapi sedimentasi akan membentuk rawa yang diperlukan oleh burung migran. Lahan yang terbentuk dikenal sebagai tanah timbul. Secara hukum, tanah timbul merupakan milik negara. Oleh karena itu, pemerintah harus menjaga dan menetapkan batas tanah timbul di berbagai muara sungai untuk dimanfaatkan sebagai pengganti habitat rawa burung migran yang telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat (BPLHD Jabar 2013). Perlindungan pantai berpasir dari timbunan sedimen dapat diatasi dengan mengendapkan sedimen ke perakaran mangrove sehingga perlu dilakukan pemulihan populasi mangrove di sekitar muara sungai.

TAMBAK *SILVOFISHERY*

Indonesia telah meratifikasi konvensi Ramsar 1971 (perjanjian internasional tentang konservasi dan pemanfaatan lahan basah secara berkelanjutan), namun disayangkan banyak dijumpai kerusakan habitat fauna lahan basah. Oleh sebab itu, upaya pemulihan sekaligus pengangkatan ekonomi masyarakat setempat dapat dilakukan melalui program tambak *silvofisheries*. Pembangunan tambak merupakan salah satu program dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), dengan harapan dapat meningkatkan produktivitas hasil tambak dalam mendukung kebutuhan ekspor. Namun, program pembangunan tambak sering tidak mengindahkan faktor lingkungan yang baik, tidak jarang terjadi kerusakan pinggir pantai dengan banyaknya tanah yang tergerus oleh ombak. Wetland International bekerja sama dengan UNEP telah menginisiasi untuk melakukan sosialisasi di beberapa lokasi dalam menerapkan tambak-tambak *silvofishery*.



10.4.2 Kawasan Wallacea

Kawasan Wallacea yang meliputi Sulawesi, Maluku, dan Nusa Tenggara memiliki tingkat endemik sangat tinggi. Kekhasan wilayah ini disebabkan oleh proses geologi dan evolusi yang dinamik dan independen dari wilayah Asia dan Austropapua. Kekayaan hayati terestrial di kawasan ini memiliki jenis endemik sangat tinggi, tidak hanya di pulau utama Sulawesi, tetapi juga pulau-pulau kecil yang mengelilinginya. Dari 127 jenis mamalia di kawasan Wallacea, 72 (62%) jenis di antaranya endemik, dari 1.500 jenis burung, 34% adalah endemik. Demikian halnya untuk jenis amfibi dan reptil. Kondisi yang sama dialami pada kawasan *Corral Reef Triangle* yang menyebar di kawasan ini.

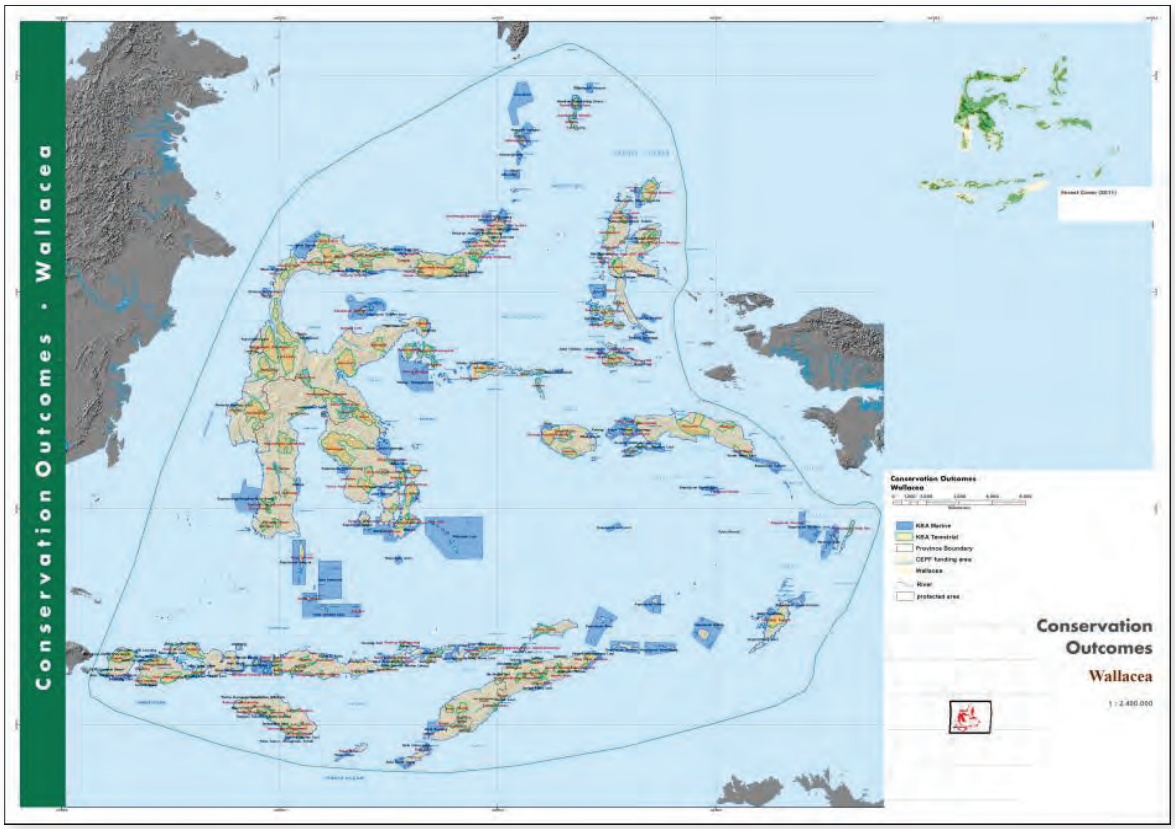
Menurut IUCN, berdasarkan jumlah jenis endemik dan kategori keterancaman serta daftar perlindungan hidupan liar Indonesia, baik di darat maupun laut, diperoleh gambaran bahwa beberapa kawasan dijadikan sebagai kawasan penting untuk melindungi jenis-jenis khas kawasan Wallacea (Gambar 128).

10.4.3 Konservasi Burung Berbasis Kewilayahan

Burung merupakan satwa yang paling banyak mendapat status perlindungan, baik dari pemerintah maupun konvensi internasional. Rentannya komunitas burung terjadi karena dua hal utama, yaitu perdagangan dan hilangnya habitat. Ancaman terbesar dari aktivitas perdagangan adalah tingginya hasil tangkapan burung dari alam. Oleh karena itu, pemerintah sangat mendukung adanya program penangkaran burung.

Terfragmentasinya habitat juga berdampak negatif bagi komunitas burung karena banyak di antaranya sangat bergantung pada keberadaan hutan primer dan lahan basah. Perubahan habitat tersebut akan berdampak pada populasi burung yang disebabkan oleh berkurangnya sumber pakan serta tempat perkembangbiakan. Oleh karena itu, perlindungan burung harus dilakukan melalui pendekatan ekosistem.

Ada dua model pendekatan konservasi burung sebagaimana digagas BirdLife International (sekarang Burung Indonesia)



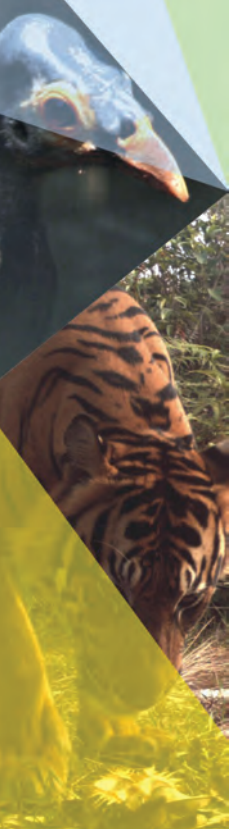
Sumber: Burung Indonesia 2013

Gambar 128. Kawasan penting biodiversitas kawasan Wallacea

dan diadopsi oleh pemerintah Indonesia melalui Kementerian Kehutanan (Dirjen PKA Kehutanan-Bird Life Indonesia Program 2001). Konsep tersebut adalah Daerah Burung Endemik/DBE (*Endemic Birds Areas*) dan Daerah Penting Burung/DPB (*Important Bird Areas*).

Penetapan DBE merupakan suatu pendekatan kuantitatif yang dikembangkan untuk mengidentifikasi kawasan penting bagi kehati secara global. DBE adalah daerah yang memiliki dua atau lebih jenis sebaran terbatas yang hanya dapat dijumpai di daerah yang bersangkutan. Melalui analisis persebaran dan luas kawasan terbatas untuk berbiak (kurang dari 50.000 km^2), di seluruh dunia tercatat sebanyak 221 DBE. Dari jumlah tersebut, 38 DBE di antaranya berada di Indonesia, yang merupakan negara dengan DBE terbanyak (Tabel 48).

Daerah Penting Burung (DPB) merupakan suatu alat bantu yang dipakai untuk mengidentifikasi suatu kawasan yang secara global penting bagi pelestarian kehati. Penetapan DPB menggunakan tiga kriteria dan burung sebagai indikatornya, yaitu apabila di dalam kawasan tersebut (1) terdapat jenis burung yang secara global terancam punah; (2) secara tetap terdapat jenis burung yang memiliki sebaran berbiak terbatas; dan (3) terdapat jenis burung yang hidup dalam kelompok besar. Sampai saat ini di Indonesia terdapat 227 DPB yang tersebar di wilayah konservasi dan non-konservasi (Tabel 49).



10.4.4 Aksi Nasional Konservasi Jenis

Kunci keberhasilan pelestarian kehati Indonesia adalah kerja sama dan strategi yang terarah untuk dapat dipergunakan sebagai rujukan bagi semua pihak terkait. Oleh sebab itu, pemerintah menetapkan arah dan strategi dalam pelestarian kehati Indonesia, terutama pada jenis-jenis yang dilindungi dan terancam punah. Strategi ini sangat penting untuk melindungi semua kehati yang masuk daftar perlindungan secara efektif. Pemerintah melalui Kementerian Kehutanan dibantu para ahli dari lembaga penelitian, universitas, dan LSM, telah mengeluarkan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.57/Menhut-II/2008 tentang Arahan Strategis Konservasi Spesies Nasional 2008–2018. Peraturan tersebut mencakup strategi konservasi jenis-jenis prioritas dari kelompok hewan seperti burung, mamalia, primata, herpetofauna, serangga/invertebrata, jenis bahari, dan perairan tawar serta tumbuhan seperti Palmae, Rafflesiaceea, Orchidaceae, Nephentaceae, dan Dipterocarpaceae (Tabel 50).

Penerapan strategi konservasi dijalankan secara bertahap dengan target capaian kenaikan persentase populasi jenis prioritas tersebut. Sejak ditetapkannya permenhut ini pada tahun 2008, target kenaikan jumlah jenis diarahkan kepada 14 jenis-jenis prioritas (Tabel 51).

Tabel 48. Daerah Burung Endemik (DBE) di Indonesia

Region	Jumlah
Sumatra	7
Kalimantan	5
Jawa	4
Sulawesi	5
Nusa Tenggara / Sunda kecil	3
Maluku	4
Papua	10
Total	38

Sumber : CEPF Burung Indonesia 2014

Tabel 49. Daerah Penting Burung (DPB) Indonesia

Region	Jumlah
Sumatra	40
Kalimantan	23
Jawa	53
Sulawesi	32
Nusa Tenggara / Sunda kecil	43
Maluku	36
Total	227

Sumber: CEPF Burung Indonesia 2014

Tabel 50. Beberapa Jenis Fauna dan Flora yang Menjadi Jenis Prioritas Konservasi Nasional

No.	Jenis	Nama Latin	Status Perlindungan		
			PP 7	CITES	IUCN
Fauna					
1	Harimau Sumatra	*Panthera tigris sumatrae*	Dilindungi	I	EN
2	Gajah Sumatra	*Elephans maximus*	Dilindungi	I	EN
3	Badak Jawa	*Rhinoceros sondaicus*	Dilindungi	I	CR
4	Banteng	*Bos javanicus*	Dilindungi	I	EN
5	Owa Jawa	*Hylobates moloch*	Dilindungi	I	EN
6	Orangutan Kalimantan	*Pongo pygmaeus*	Dilindungi	I	EN
7	Bekantan	*Nasalis larvatus*	Dilindungi	I	EN
8	Komodo	*Varanus komodoensis*	Dilindungi	I	VU
9	Curik Bali	*Leucopsar rothschildi*	Dilindungi	I	CR
10	Bluwok	*Nycteria cinerea*	Dilindungi	I	EN
11	Surili Jawa	*Presbitys comata*	Dilindungi	I	EN
12	Bilou	*Hylobathes klosii*	Dilindungi	Non	EN
13	Cendrawasih	*Paradisaea rubra*	Dilindungi	Non	NT
14	Siamang	*Symphalangus syndactylus*	Tidak	Non	EN
Flora					
15	Anggrek ekor tikus	*Paraphalaenopsis* spp.	Dilindungi	II	
16	Anggrek bulan raksasa	*Phalaenopsis gigantea*	Dilindungi	II	
19	Anggrek bulan raksasa	*Phalaenopsis gigantea*	Dilindungi	II	
20	Rafflesia, Padma	*Rafflesia* spp.	Dilindungi		
21	Bintangur	*Calophyllum papuanum*	Tidak	II	LR
22	Bintangur	*Calophyllum papuanum*	Tidak	II	LR
23	Pelalar	*Dipterocarpus littoralis*	Tidak	Non	CR
24	Kalapia	*Kalappia celebica*	Tidak	Non	VU
25	Resak banten	*Vatica bantamensis*	TIdak	Non	EN
26	Resak bribes	*Vatica javanica*	Tidak	Non	EN (1971)
27		*Nothofagus womersleyi*	Tidak	Non	EN
28	Kayu hitam, eboni	*Diospyros celebica*	Tidak	Non	VU
29	Bintangur	*Calophyllum insularum*	Tidak	Non	EN
30		*Guioa waigeoensis*	Tidak	Non	VU
31	Kawoli	*Alloxylon brachycarphus*	Tidak	Non	EN
32	Bintangur	*Calophyllum euryphyllum*		Non	LR
33	Tualang	*Koompassia grandiflora*	Tidak	Non	VU
34	Nyatoh	*Manilkara kanosiensi*	Tidak	Non	EN
35	Mendarahan	*Myristica rumphii* var. *florentis* (endemik Indonesia)	Tidak	Non	
36	Saninten	*Castanopsis argentea*	Tidak	Non	
37	Bintangur	*Calophyllum carrii*	Tidak	Non	

Sumber: Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.57/ Menhut-II/2008

Tabel 51. Kenaikan individu pada 14 Jenis Prioritas Nasional

Nama Jenis Target	Rata-rata % kenaikan per Jenis 2011	Rata-rata % kenaikan per Jenis 2012	Rata-rata % kenaikan per Jenis 2013
Banteng	23,88	8,02	13,97
Badak Jawa	-27,08	6,25	20,83
Harimau Sumatra	10,74	28,15	19,48
Gajah Sumatra	0,19	1,315	-8,42
Babirusa	4,62	20,24	26,01
Anoa	0,37	19,51	22,67
Owa Jawa	0,58	1,75	2,33
Orangutan	1,07	1,81	-26,44
Bekantan	105,48	126,18	286,86
Komodo	34,15	39,1	52,61
Curik Bali	17,85	11,90	-4,76
Maleo	4.53	72,02	103,14
Elang Jawa	5	39,28	59,44
Kakatua Kecil Jambul Kuning	10,10	78,07	84,95
Rata-rata Peningkatan (%)	**13,68**	**32,40**	**46,62**

Beberapa contoh aksi nasional perlindungan jenis terancam punah diuraikan sebagai berikut.

Kakatua-kecil jambul-kuning (Cacatua sulphurea)

Kakatua-kecil jambul-kuning (*Cacatua sulphurea*) merupakan jenis kakatua dengan daerah persebaran paling luas di Indonesia. Jenis ini (Gambar 129) tersebar di Pulau Masalembo di Perairan Laut Jawa, Sulawesi, dan Nusa Tenggara. Kakatua-kecil jambul-kuning memiliki empat anak jenis, yaitu *Cacatua sulphurea sulphurea*, *Cacatua sulphurea parvula*, *Cacatua sulphurea citrinocristata*, dan *Cacatua sulphurea abbotti*. Tiap anak jenis tersebut memiliki daerah persebaran yang berbeda. Namun, wilayah persebaran yang luas bukanlah jaminan bagi kelestarian jenis ini. Sejak tahun 2000, kakatua-kecil jambul-kuning menghadapi risiko kepunahan paling tinggi dibanding kakatua lain di Indonesia sebagai akibat tingginya perburuan untuk diperdagangkan sebagai satwa peliharaan. Selama rentang 1981–1993 terdapat lebih dari 98 ribu ekor kakatua-kecil jambul-kuning yang diekspor dari Indonesia. Di samping perburuan, degradasi habitat juga menjadi penyebab merosotnya populasi kakatua-kecil jambul-kuning.

Foto: Djawarai

Gambar 129. Kakaktua-kecil jambul-kuning (*Cacatua sulphurea*)

Dunia internasional memberikan respons terhadap penurunan populasi jenis ini dengan menetapkan batasan perdagangan lintas negara dan status keterancaman yang dapat digunakan sebagai dasar upaya konservasi. Sejak tahun 2000 Badan Konservasi Dunia/ *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) menetapkan status kakatua-kecil jambul-kuning sebagai "kritis" (*Critically Endangered*/CR) dan jenis ini menjadi satu-satunya kakatua yang berstatus kritis di Indonesia.

Merespons kebutuhan konservasi dan pemulihan populasi kakatua-kecil jambul-kuning, Pemerintah Republik Indonesia telah

menyusun dokumen rencana pemulihan Kakatua-kecil jambul-kuning pada tahun 1998.

Elang Jawa (Spizaetus bartelsi)

Elang Jawa (*Spizaetus bartelsi)* adalah salah satu jenis elang endemik Pulau Jawa yang berukuran badan sedang, dengan panjang sekitar 60 cm (Gambar 130). Sebagai salah satu satwa endemik di Pulau Jawa, jenis ini menghadapi resiko kepunahan karena degradasi habitat yang telah banyak berubah peruntukannya dan masih maraknya perburuan untuk perdagangan satwa (Sözer *et al.* 1998). Jenis burung ini dikategorikan ke dalam satwa "terancam punah" yang masih dapat dijumpai di blok-blok hutan yang masih tersisa di daerah pegunungan (BirdLife International 2003). Satwa ini juga masuk daftar Appendik II *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES).

Keberadaan jenis burung yang sangat karismatik ini dapat mengindikasikan sehatnya habitat dan ekosistem hutan dan nilai penting kehati di Jawa. Keadaan ini oleh pemerintah telah mendapat perhatian dengan adanya perlindungan melalui Peraturan Pemerintah Nomor 421/Kpts/Um/8/8/1970. Satwa ini dianggap identik dengan Lambang Negara Republik Indonesia, yaitu Garuda, sehingga pada tanggal 10 Januari 1993, Pemerintah mengeluarkan Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 1993 yang menetapkan satwa Elang Jawa sebagai simbol nasional.

Kemudian, PHKA dengan pemangku kepentingan lain berupaya menganalisis kembali dokumen pemulihan populasi elang jawa. Para pihak tersebut juga bersama-sama menyusun Strategi dan Rencana Aksi Konservasi yang sudah disahkan melalui Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.58/Menhut-II/2013 tentang Strategi dan Rencana Aksi Konservasi Elang Jawa (*Spizaetus bartelsi*) tahun 2013–2022.

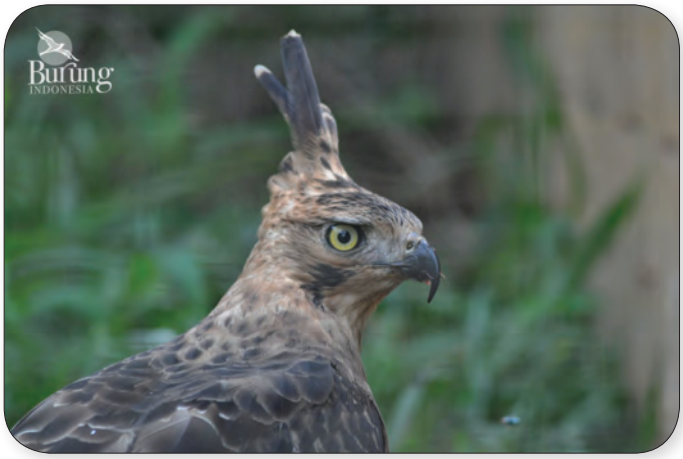


Foto: Amama

Gambar 130. Elang Jawa, *Spizaetus bartelsi*

PERAN MASYARAKAT LOKAL DALAM PENYELAMATAN ELANG JAWA

Keterlibatan masyarakat dalam menjaga karnivora puncak seperti elang jawa dilakukan oleh masyarakat Desa Melung, Kecamatan Kedungbanteng, Kabupaten Banyumas. Diawali dengan kegiatan pelepasliaran elang jawa pada November 2012 atas dukungan konsorsium LSM Biodiversity Society dan Suaka Elang serta Raptor Indonesia, masyarakat terlibat aktif dalam pemantauan setelah pelespasliaran. Masyarakat juga terlibat dalam kegiatan pemantauan populasi elang jawa yang dilaksanakan oleh BKSDA Jawa Tengah di kawasan hutan Gunung Slamet pada tahun 2013. Untuk lebih meningkatkan perlindungan burung yang diyakini sebagai lambang negara, pada periode berkembang biak tahun 2014 ini, masyarakat bersama Biodiversity Society memprogramkan pendataan sarang aktif elang jawa di hutan sekitar desa mereka dan melakukan patroli rutin untuk menjaga sarang tersebut dari gangguan perburuan. Keterlibatan masyarakat dalam proteksi elang jawa tersebut cukup efektif dengan ditandai tidak ditemukannya perburuan elang jawa dan jenis elang lainnya pascaketerlibatan masyarakat pada tahun 2012.

Maleo (*Macrocephalon maleo*)

Maleo (*Macrocephalon maleo*) adalah satu jenis burung Megapoda endemik Pulau Sulawesi dan Buton. Burung ini berukuran besar antara 55 dan 60 cm, "bertanduk", ekor lebar, dan warna tubuh hitam kecokelatan dengan perut putih kemerahjambuan (Gambar 131). Populasi burung ini hanya dapat ditemukan di hutan pamah. Maleo bersarang di daerah pasir terbuka, daerah sekitar pantai gunung berapi, dan daerah-daerah yang hangat dari panas bumi untuk menetaskan telurnya yang berukuran besar, lima kali lebih besar dari telur ayam. Setelah menetas, anak maleo menggali jalan keluar dari dalam tanah dan bersembunyi ke dalam hutan. Berbeda dengan anak unggas yang baru lahir yang umumnya ditandai berupa bulu-bulu halus, kemampuan sayap pada anak maleo yang baru lahir sudah seperti unggas dewasa, yakni dengan bulu sempurna. Pertumbuhan bulu yang sangat cepat ini dikarenakan nutrisi yang terkandung di dalam telur maleo adalah lima kali lipat dari telur biasa dan anak maleo harus mencari makan sendiri dan menghindari hewan pemangsa sesaat setelah menetas.

Populasi maleo di Sulawesi mengalami penurunan sebesar 90% semenjak tahun 1950-an. Berdasarkan laporan penggiat konservasi di Sulawesi, populasi maleo terus berkurang dari tahun ke tahun karena dikonsumsi manusia dan telurnya terus diburu oleh warga. Hilangnya habitat hutan yang terus berlanjut juga meningkatkan angka kematian anak burung ini. Pada tingkat internasional, burung ini dikategorikan terancam punah dengan kategori Genting *Endangered* (EN) di dalam IUCN Red List. Jenis ini juga terdaftar dalam CITES Appendiks I.

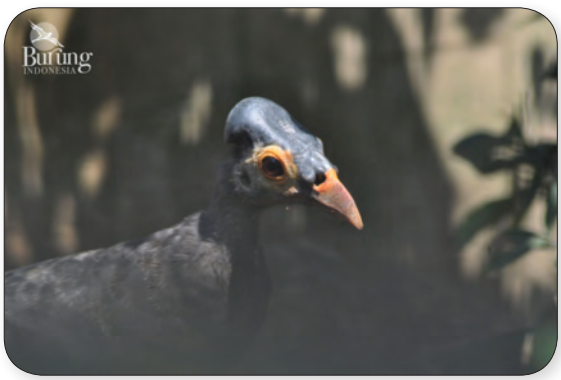


Foto: Amama

Gambar 131. Maleo, *Macrocephalon maleo*

Pada tingkat nasional burung ini ditetapkan sebagai salah satu jenis yang dilindungi melalui PP Nomor 7 Tahun 1999. PHKA dengan LIPI dan pemangku kepentingan lainnya saat ini sedang menyusun Strategi dan Rencana Aksi Konservasi Maleo yang sesuai dengan perkembangan saat ini dan kebutuhan konservasi di masa yang akan datang.

Curik Bali (*Leucopsar rothschildi*)

Curik bali (*Leucopsar rothschildi*) merupakan salah satu jenis curik berukuran sedang berukuran 25 cm, tubuh hampir seluruhnya berwarna putih, dengan kulit muka berwarna biru, dan jambul yang dapat ditegakkan ketika sedang bernyanyi (Gambar 132). Jenis ini hanya terdapat di Pulau Bali di Taman Nasional Bali Barat, habitat alami yang tersisa. Curik bali dilindungi dan dalam IUCN dinyatakan sebagai satwa yang kritis (*Critically Endangered*) dan dalam CITES dimasukkan dalam Apendiks 1.

Di awal 1900-an, populasi curik bali dijumpai dalam jumlah besar di sepanjang hutan pamah Bali yang membentang dari Buleleng hingga Gilimanuk. Oleh karena nilai jual yang sangat tinggi, curik bali menjadi sasaran penangkapan untuk diekspor. Penangkapan besar-besaran kala itu menyebabkan populasi curik bali terus menurun hingga populasi di alam sempat tinggal 14 individu dan terbatas hanya di Taman Nasional Bali Barat (Noerdjito 2005).

Menindaklanjuti kebutuhan konservasi dan pemulihan populasi curik bali, Pemerintah telah menyusun dokumen Rencana

Foto: Puslit Biologi-LIPI/2014

Gambar 132. Curik bali, *Leucopsar rothschildi*

Pemulihan Curik Bali pada tahun 1997. Selanjutnya, kakatua-kecil jambul-kuning, elang jawa, maleo, dan curik bali ditetapkan sebagai satu dari 14 jenis terancam punah yang menjadi prioritas utama untuk peningkatan populasi 3% pada tahun 2010–2014 sesuai dengan keputusan Dirjen PHKA nomor SK 132/IV-KKH/2011.

Harimau (*Panthera tigris sumatrae*) dan Macan Tutul (*Panthera pardus melas*)

Salah satu keunikan kehati di Indonesia adalah banyaknya jenis satwa karnivora (pemakan daging) yang dalam piramida rantai makanan berada di posisi puncak. Karnivora memiliki tiga peran penting di dalam, yaitu transfer energi ke seluruh ekosistem, pengendali populasi satwa mangsa (pengatur populasi), dan menengahi kompetisi (Noerdjito dan Maryanto 2005).

Saat ini hampir semua karnivora Indonesia, baik yang berada di daratan maupun laut, berada dalam status terancam punah. Beberapa jenis karnivora puncak yang ada di daratan dan menjadi jenis kunci antara lain harimau sumatra (*Panthera tigris sumatrae*) dan macan tutul jawa (*Panthera pardus melas*) sebagai anak jenis endemik Indonesia. Penurunan populasi di alam terjadi secara drastis. Lebih dari 60% harimau sumatra telah mati dan tersisa hanya sekitar 400 ekor dalam tiga dasawarsa terakhir (1980–2007) (Departemen Kehutanan 2007) dan pada tahun 2010 menurut Global Tiger Initiative (GTI) tersisa sekitar 325 individu di alam.

Populasi macan tutul jawa pada tahun 1990 tercatat sekitar 700 individu, namun menurun menjadi 350 individu pada akhir 2000. Status IUCN secara linier berubah dari terancam (*threatened*) menjadi sangat kritis (*critical endangered*) dalam kurun waktu yang singkat.

Pola perubahan populasi secara umum disebabkan oleh semakin meningkatnya ancaman yang dapat dikelompokkan menjadi empat faktor utama, yaitu penurunan luas habitat, perburuan-perdagangan, dan konflik satwa-manusia dan penyakit. Selama dua

HARIMAU SEBAGAI SATWA KARNIVORA PENTING DI HABITAT ALAM SUMATRA

Harimau merupakan satwa karnivora penting di Pulau Sumatra sebagai salah satu pengendali populasi satwa pemangsa yang berkembang cepat. Harimau dewasa yang berusia lebih dari dua tahun membutuhkan sekitar 5–7 kg daging per hari atau dibutuhkan setidaknya satu ekor babi atau rusa dewasa setiap satu minggu. Ini karena perkembangan populasi babi hutan sangat cepat di mana setiap kelahiran mencapai 4-6 anak dengan siklus penyapihan sangat pendek. Perkembangan populasi babi hutan yang cepat ini akan menjadi hama di perkebunan sawit, karet, HTI, dan perkebunan masyarakat.

Umur efektif harimau di alam adalah sekitar 15–20 tahun. Harimau jantan menjadi mandiri pada usia dua tahun dengan membuat wilayahnya sendiri. Seidensticker *et al*. (1999) menunjukkan bahwa jalur jelajah harimau berkisar antara 75–300 km^2, tergantung dari ketersediaan sumber pakan (mangsa) dan topografi.

Melalui strategi rencana dan aksi konservasi harimau diharapkan dari tahun 2007 sampai 2017 keberadaan harimau dapat dipertahankan sebesar 250 ekor individu dewasa yang dijumpai di 8 dari 18 habitat potensial harimau di Sumatra (Departemen Kehutanan 2007).

Foto: ZSL-PHKA 2012
Harimau Sumatra (*Panthera tigris sumatrae*)

dasawarsa (1990–2010), perubahan hutan menjadi penggunaan lahan lain seperti lahan perkebunan sawit/karet/HTI terjadi dengan sangat cepat dan berdampak pada menurunnya luasan habitat dan meningkatnya fragmentasi di lapangan (Gambar 133).

Foto: ZSL-PHKA/2012

Gambar 133. Fragmentasi hutan di Sumatra

PENGARUH FRAGMENTASI HUTAN DAN UPAYA KONSERVASI MELALUI KONEKTIVITAS HABITAT

Lanskap Dangku yang berada di Sumatra Selatan merupakan salah satu habitat penting bagi beberapa satwa yang dilindungi, seperti harimau sumatra, tapir, beruang madu, dan rusa sambar. Perubahan lahan yang terjadi dari akhir tahun 1990 sampai saat ini berdampak pada fragmentasi habitat penting, khususnya bagi mamalia besar. Dari sekitar 300.000 ha lanskap, 70% wilayah ini digunakan sebagai lahan produksi kehutanan (HTI), perkebunan sawit, pertambangan dan minyak gas. Adanya tekanan dan ancaman pada wilayah inti konservasi tidak bisa menjamin kelestarian mamalia besar dalam jangka panjang. Melalui satu forum lanskap Dangku yang didukung oleh BKSDA dan Dinas Kehutanan Provinsi Sumatra Selatan serta beberapa perusahaan, di dalam lanskap dibuat rencana untuk membuat konektivitas antarwilayah habitat ini.

Melalui Peraturan Pemerintah Kementerian Kehutanan, diwajibkan setiap perusahaan HTI untuk memliki paling tidak 10% dari area konsesi sebagai wilayah hutan dan dipadukan dengan area bernilai konservasi tinggi atau High Conservation Value (HCV). Selain itu, diupayakan pengaturan penggunaan jalan untuk askes dari sistem operasi pertambangan dan minyak gas untuk upaya konektivitas jalur pergerakan mamalia besar, khususnya harimau sumatra. Tujuan ini sebagai upaya pelestarian serta memadukan upaya pembangunan dan konservasi alam dalam jangka panjang yang akan bermanfaat bagi semua pihak.

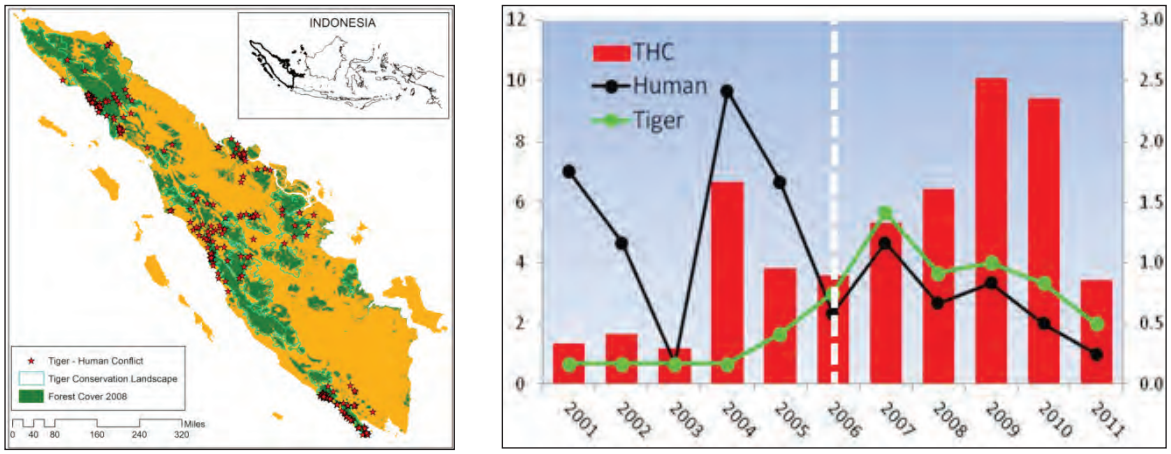
Konflik antara manusia-harimau (KMH) (Gambar 134) disebabkan oleh faktor pakan dan ruang. Aktivitas perburuan satwa mangsa harimau sangat memengaruhi ketersediaan pakan bagi harimau. Sementara itu, konversi hutan menjadi pemukiman, perkebunan, pertambangan, dan jaringan jalan telah mempersempit habitat yang dapat dihuni harimau. Dari data yang dirangkum oleh Kementerian Kehutanan, Forum Harimau Kita, WCS, WWF, dan LIF, setidaknya dari tahun 2001 sampai dengan 2011 tercatat 680 KMH yang terjadi di Sumatra.

Walau berbagai peraturan perlindungan satwa sudah diterbitkan dan forum konservasi sudah banyak dilakukan, upaya perlindungan satwa di Indonesia cenderung belum memberikan dampak yang sangat nyata. Banyak masyarakat yang masih bergantung pada kondisi alam dengan tingkat pendapatan dan pendidikan rendah dan memandang satwa liar masih dapat dipergunakan sebagai sumber keuangan dalam memenuhi kebutuhan hidup. Kemudian muncul inisiatif dengan melakukan perlindungan satwa penting ini dengan pendekatan agama. Mengingat lebih dari 80% masyarakat Indonesia beragama Islam maka melalui inisiatif para pihak, Kementerian Kehutanan melalui Dirjen PHKA berkerja sama dengan Majelis Ulama Islam (MUI), Forum Harimau Kita, dan beberapa LSM, maka MUI telah mengeluarkan Fatwa No. 4 Tahun 2014. Fatwa ini melarang untuk memburu, menyakiti satwa langka, dan diharapkan memberikan dampak positif dalam perlindungan satwa penting dan hampir punah.

SMART PATROL UNTUK PERLINDUNGAN SATWA DAN HABITAT PENTING

Spatial Monitoring and Reporting Tool (SMART) Patrol adalah sistem pengelolaan kawasan konservasi dan jenis berbasis spasial/keruangan. Cara kerja sistem ini adalah dengan menggabungkan antara berbagai komponen patroli dan teknologi; mempermudah proses tabulasi data patroli, evaluasi, dan pelaporan yang bermanfaat pada pengelolaan wilayah konservasi; mempermudah proses penegakan hukum; dan memperkaya habitat dan jenis yang dilindungi. Selain itu, sistem dan *software* ini lebih mudah karena bisa digunakan oleh semua pihak dan untuk kepentingan bersama.

SMART patrol ini sudah digunakan oleh PHKA atas kerja sama dengan beberapa LSM dan Forum Harimau Kita di beberapa Unit Pelaksana Teknis (UPT) dan Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) seperti TN Leuser yang bekerja sama dengan WCS, Ulu-Masen bekerja sama dengan BKSDA Aceh dan FFI, TN Tesonilo bekerja sama dengan WWF, TN Bukit Tiga Puluh bekerja sama dengan FZS, TN Berbak-TN Sembilang-SM Dangku bekerja sama dengan ZSL. Begitu pula sistem dan perangkat lunak ini telah diadopsi oleh beberapa perusahaan sawit untuk pengelolaan *High Conservation Value* (HCV) atau wilayah yang memiliki nilai konservasi tinggi, baik untuk *database* patroli maupun pengelolaan/perlindungan habitat dan satwa penting.

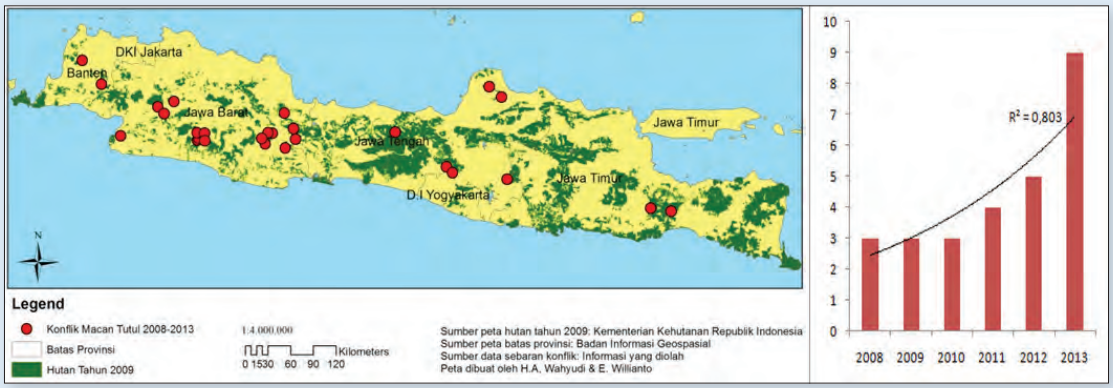


Sumber: Wahyudi & Willianto 2014, *in press*

Gambar 134. Peta sebaran KMH di Sumatra dan pola intensitas konflik

KONFLIK SATWA DENGAN MANUSIA: MACAN TUTUL JAWA

Sebanyak 27 konflik manusia dengan macan tutul jawa terjadi pada kurun 2008–2013. Eskalasi konflik cenderung meningkat dengan tiga kejadian masing-masing pada tahun 2008 dan 2009, empat kejadian masing-masing pada tahun 2010 dan 2011, lima kejadian pada tahun 2012 dan sembilan kejadian pada tahun 2013. Provinsi Jawa Barat terindikasi sebagai provinsi dengan tingkat konflik tertinggi, sebanyak 16 kasus. Bentuk konflik tersebut adalah 1) adanya macan tutul yang berkeliaran di kawasan dekat pemukiman, 2) pemangsaan ternak warga, dan 3) terkena jebakan yang dipasang oleh masyarakat. Dari rangkaian kejadian konflik tersebut, sebanyak 10 ekor macan tutul jawa terbunuh dan 13 ekor ditangkap. Jerat diketahui sebagai penyebab tertinggi kematian macan tutul yang terlibat konflik. Dari total individu yang tertangkap, hanya 1 ekor yang sudah dilepasliarkan kembali ke hutan, sedangkan yang ditangkap dan dirawat di lembaga *ex situ* adalah sebanyak 9 ekor dan yang menjalani proses rehabilitasi sebanyak 1 ekor.



Sumber: Wahyudi&Willianto 2014. *in press*

Kiri: Peta Sebaran Konflik Manusia-Macan Tutul Jawa Tahun 2008–2013,
Kanan: Grafik Kejadian Konflik Manusia-Macan Tutul Jawa per Tahun

Foto: Wilianto/ 2013
Macan tutul (*Panthera pardus melas*)

10.4.5 Penurunan Populasi Sebagai Indikator Kerusakan Kawasan

Setiap jenis satwa umumnya dapat hidup di beberapa tipe ekosistem, namun tingkat kesesuaian pada masing-masing ekosistem umumnya berbeda. Pada ekosistem yang paling sesuai, populasi jenis bersangkutan relatif lebih tinggi. Kerapatan masing-masing jenis satwa pada ekosistem yang sama juga berbeda, umumnya terkait dengan besar daerah jelajah (*home range*). Sebagai contoh, sesap madu (*Anthreptes* spp.) memiliki daerah jelajah seluas 0,78 km^2. Dengan demikian, jika pada kawasan seluas 56 km^2 kondisi ekosistemnya sesuai bagi sesap madu maka terdapat 70 pasang sesap madu di kawasan tersebut yang dapat dikatakan tidak langka.

Guna menjaga stabilitas populasi, terdapat berbagai keterkaitan antarjenis hayati seperti keterkaitan dengan ketersediaan pakan, simbiosis, dan pemarasitan. Dari berbagai keterkaitan tersebut, pakan adalah yang paling menonjol. Daur pakan diawali dari air, udara serta berbagai mineral dan senyawa di dalam tanah yang diolah oleh tumbuhan berhijau daun kemudian menjadi pakan satwa pemakan tumbuhan (herbivora). Sebagian satwa herbivora merupakan pakan bagi satwa pemakan daging (karnivora) dan sebagian karnivora menjadi makanan karnivora lain yang disebut sebagai karnivora puncak. Bagian-bagian dari tubuh hayati yang tersisa dari rangkaian makan-memakan ini akan diubah menjadi senyawa sederhana oleh rangkaian perombak, mulai dari burung, reptilia, serangga perombak, dan berbagai jenis kapang. Pada suatu ekosistem yang sehat siklus ini akan terus berputar tanpa henti.

Satwa pemakan tumbuhan tidak hanya terbatas pada serangga, tetapi juga mamalia, seperti tikus belukar (*Rattus exullans*), pelanduk kancil (*Tragulus* spp.), rusa timor (*Rusa timorensis*), banteng (*Bos javanicus*), anoa (*Anoa depresicornis*), tapir sumatra (*Tapirus indicus*), badak jawa (*Rhinoceros sondaicus*) dan gajah sumatra, (*Elephans maximus*). Jenis-jenis satwa berukuran besar pemakan dedaunan ini dikenal dengan sebutan satwa mega-herbivora. Pada umumnya setiap hari seekor mega-herbivora akan menghabiskan pakan sekitar 30% dari berat tubuhnya. Oleh sebab itu, dalam rangka mencukupi kebutuhan pakannya, mega-herbivora harus berpindah area. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa area pencarian pakan gajah merupakan kawasan bersambung yang membentuk satu lingkaran besar yang ditempuh sekitar satu tahun. Rombongan gajah dapat mengenali jalur pakannya. Oleh karena itu, sering terjadi jika jalur makan gajah dipotong untuk dijadikan suatu daerah peruntukan baru seperti area transmigrasi ataupun perkebunan kelapa sawit maka jalur tersebut setiap tahun akan dirusak oleh "pemilik jalur" tersebut.

Jenis perunut (*umbrella species)* merupakan jenis kunci yang dapat memayungi keberadaan satwa lainnya di sebuah ekosistem. Jenis perunut untuk satwa pada umumnya adalah kelompok mega-herbivora dan pemangsa puncak (karnivora). Disebut sebagai konsumen puncak karena jenis ini tidak memiliki pemangsa lagi. Sebagai contoh, untuk hidupnya, harimau sumatra akan memangsa rusa sambar, menjangan, kancil atau landak, tetapi tidak ada satu jenispun satwa yang berfungsi sebagai pemangsa harimau. Hal serupa juga terjadi pada burung dara laut (*Sterna sumatrana*) serta burung samudra lainnya yang berkedudukan sebagai pemangsa puncak di samudra, seperti burung bido ular (*Spilornis cheela*) sebagai pemangsa ular, elang jawa (*Spizaetus bartelsi*) sebagai pemangsa bajing, dan biawak komodo (*Varanus komodoensis*) sebagai pemangsa rusa timor. Pada ekosistem buatan, misalnya sawah, di mana pemangsa puncak yang asli sudah tidak ada maka konsumen sekunder akan berperan sebagai pemangsa puncak.

Setiap pulau dan kawasan ekosistem juga memiliki jenis perunut yang berbeda. Sebagai contoh pada kawasan mangrove, satwa jenis perunut adalah kepiting Infraorder *Brachyura.* Kehadiran kepiting marga *Uca* spp. menjadi kunci kesuburan ekosistem mangrove. Fungsi kepiting sebagai jenis perunut di kawasan pesisir disebabkan oleh setiap aktivitasnya yang mempunyai pengaruh utama pada berbagai proses paras ekosistem. Peran utama kepiting di dalam ekosistem di antaranya adalah mengonversi nutrien dan mempertinggi mineralisasi, meningkatkan distribusi oksigen di dalam tanah, membantu daur hidup karbon, dan sebagai tempat penyedia makanan alami bagi berbagai jenis biota perairan. Di samping itu, kebiasaan kepiting menggali lubang ternyata secara tidak langsung berperan dalam menyeimbangkan

struktur kimia dari sedimen yang dihasilkan dari hutan mangrove.

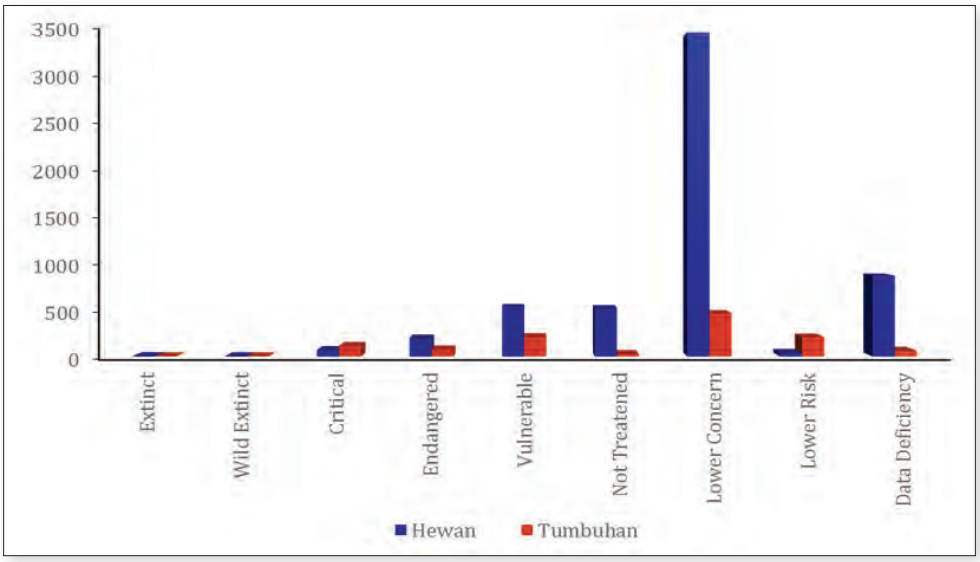
Kawasan hutan mangrove yang umumnya berlumpur menyebabkan kondisi di daerah tersebut menjadi habitat yang anaerob. Kondisi demikian menyebabkan satwa menjadi tidak dapat hidup. Akan tetapi, kehadiran kepiting mangrove yang umumnya bersifat herbivora dan memiliki sifat penggali lubang menyebabkan banyak terciptanya kondisi aerobik yang terkurung di dalam banyak lubang. Daun-daun dibawa kepiting ke dalam lubang-lubang yang berkondisi aerobik dan dihancurkan menjadi bagian yang lebih kecil atau dimakannya. Kepiting dalam hal ini sangat penting dalam konversi nutrisi dan mineralisasi yang merupakan jalur biogeokimia karbon, selain dalam proses respirasinya. Cara yang demikian mempercepat proses dekomposisi dari serasah yang jatuh. Kondisi berlumpur dan anaerobik yang tercipta di kawasan mangrove dapat berubah dengan kehadiran kepiting. Dengan demikian, aktivitas kepiting sangat penting dalam membentuk ekosistem mangrove menjadi habitat bagi satwa lainnya (Roemantyo *et al.* 2010).

10.4.6 Fauna dan Flora dalam IUCN *Red Data List*

Berdasarkan IUCN *Red Data List* (2013), jumlah flora dan fauna Indonesia tercatat sebanyak 6.906 jenis yang terdiri atas 1.172 jenis flora dan 5.734 fauna. Jumlah tersebut lebih besar daripada yang sudah tercatat pada tahun 2011, yaitu sebanyak 755 jenis flora dan 4.640 fauna (Widjaja *et al.* 2011).

Jumlah fauna yang punah ada dua jenis, yaitu *Coryphomys buehleri* dari Mammalia ordo Rodentia dan *Macrobrachium leptodactylus* dari Arthropoda ordo Decapoda. Hanya ada satu jenis flora yang punah di alam, yaitu *Mangifera casturi*. Meskipun demikian, jenis ini sekarang sudah banyak dibudidayakan orang. Dari Gambar 135 dapat dilihat bahwa jumlah fauna yang mempunyai jumlah jenis terancam (*critical*) lebih rendah (69 jenis) bila dibandingkan flora (115 jenis). Akan tetapi, jumlah fauna yang genting (*endangered*) lebih tinggi (197 jenis) bila dibandingkan flora (77 jenis) dan fauna yang memiliki status rawan (536 jenis) lebih tinggi daripada flora (212 jenis).

Fauna Indonesia yang memiliki status konservasi dalam IUCN berasal dari 18 kelas, yaitu kelompok ikan Actinopterygii, Chondrichthyes dan Sarcopterygii; kelompok terumbu karang dan ubur-ubur: Anthozoa dan Hydrozoa; kelompok moluska: Bivalvia, Cephalopoda dan Gastropoda; kelompok udang-udangan: Malacostraca dan Maxillopoda; Aves (burung); Amfibi; Reptilia; Mamalia; Holothuroidea (Echinodermata/timun laut); Insecta (serangga), Merostomata (belangkas); dan Polychaeta (cacing).



Sumber: Puslit Biologi-LIPI 2014, *in prep*

Gambar 135. Status Flora dan Fauna dalam IUCN *Red Data List*

Beberapa populasi spesies flora di alam sudah berkurang, seperti spesies *Agathis borneensis* yang berdasarkan data pada tahun 2013 dinyatakan sudah menurun populasinya. Oleh karena itu, spesies flora tersebut dimasukkan ke dalam golongan genting (EN A4cd). Demikian juga dengan spesies *Dacrydium pectinatum* yang statusnya menjadi genting (EN A4acd) pada tahun 2013. Dicotyl merupakan kelas tumbuhan dengan jumlah jenis paling banyak yang terdaftar dalam IUCN *Red Data list* karena kelompok ini memiliki jumlah terbanyak di Indonesia. Selain itu, tumbuhan Dicotyl lebih banyak dimanfaatkan sehingga keterancamannya lebih besar.

10.4.7 Sumber Daya Genetika dan Pengetahuan Tradisional

Legalitas aturan dan perundangan belum optimal menjamin kelestarian kehati. Oleh karena itu, usaha tambahan perlu diupayakan. Salah satunya adalah memanfaatkan peran budaya dan kearifan tradisional guna pelestarian kehati di tingkat ekosistem, jenis, maupun genetika. Berdasar studi linguistik, Indonesia mempunyai 726 aneka bahasa yang tergolong menjadi 336 kelompok etnik budaya (Lewis 2009 dan Mittermeier *et al.* 1997). Kebinekaan budaya Indonesia ini mengandung pengetahuan tradisional yang selaras dengan pemberdayaan dan pelestarian kehati.

Pengetahuan tradisional yang terkait dengan sumber daya genetika merupakan komponen *intangible* dari sumber daya itu sendiri. Kombinasi dari pengetahuan tradisional dan sumber daya genetika berpotensi untuk diambil keuntungannya secara komersial, yaitu dengan mengembangkannya menjadi produk dan proses yang bermanfaat. Potensi komersial yang melibatkan sumber daya genetika dan pengetahuan tradisional terkait telah berkembang sangat cepat dalam dua dekade terakhir seiring dengan perkembangan yang pesat dari industri bioteknologi. Perkembangan bioteknologi telah mendorong pengembangan potensi ekonomi, pemanfaatan, dan komersialisasi sumber daya genetik (SDG). *Biopiracy* menjadi hal yang sering terjadi yang menimpa negara-negara berkembang dengan kekayaan sumber daya genetika yang melimpah. Negara maju dengan kemampuan teknologinya cenderung telah mengambil keuntungan yang tidak adil dari sumber daya genetika dan pengetahuan tradisional dari negara-negara berkembang.

Pemanfaatan SDG idealnya dapat diarahkan demi kesejahteraan manusia diiringi dengan pelestarian keanekaragaman dan keunikan yang dimiliki sehingga dapat dilakukan secara berkelanjutan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan terdiri atas berbagai suku serta budaya akan berkaitan erat dengan pemanfaatan SDG yang sangat beragam antarwilayah dan agro-ekologi. Keanekaragaman budaya yang disertai dengan keragaman SDG pertanian akan menghasilkan beragam pengetahuan masyarakat dalam memanfaatkan sumber daya tersebut untuk keperluan pangan, papan, sandang, obat-obatan maupun bahan baku industri.

Indonesia telah meratifikasi beberapa kesepakatan internasional terkait SDG seperti Konvensi PBB mengenai kehati tahun 1992, yaitu United Nations Convention on Biological Diversity (CBD), Trade Related Intellectual Property Rights (TRIP), *Cartagena Protocol on Biosafety*, *Bonn Guidelines on Access to Genetic Resources and Fair and Equitable sharing of the Benefits Arising out of Their Utilization* tahun 2002, dan *International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture* (IT-PGRFA). Dengan demikian, kebutuhan akan data dan informasi sumber daya genetika dan pengetahuan tradisional terkait SDG di Indonesia harus lebih mendapat perhatian. Pengelolaan data SDG dan pengetahuan tradisonal terkait SDG di Indonesia belum terintegrasi secara nasional, masih dilakukan terpisah oleh berbagai Lembaga Penelitian, Kementerian, Perguruan Tinggi, dan Lembaga Swadaya Masyarakat. Telah banyak data SDG yang sangat lengkap, namun tersimpan sporadis, di antaranya di LIPI, Badan Litbang Pertanian Kementerian Pertanian, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), Badan Litbang Kehutanan Kementerian Kehutanan, dan Kementerian Riset dan Teknologi sehingga perlu dihubungkan melalui *node-node* interkoneksi *database*.

10.4.8 Perlindungan Kehati Melalui Kearifan Tradisional

Masyarakat tradisional secara arif melindungi kehati dengan menata ruang secara tepat. Masyarakat Ngata Toro di Sulawesi Tengah dan masyarakat Baduy di Banten mempunyai tatanan yang jelas tentang tata ruang wilayahnya sehingga menghasilkan produk kehidupan yang lumintu (*sustainable*) (Baso 2009 dan Iskandar 2009). Darmanto (2009) membuktikan bahwa masyarakat suku Mentawai di Pulau Siberut mampu menata perladangannya tanpa mengorbankan kelestarian jenis-jenis hutan alam, bahkan memberdayakan jenis-jenis buah asli hutan seperti durian. Masyarakat tradisional Dayak di Kalimantan Timur membangun pemukiman di area yang tidak cocok untuk perladangan karena tanah yang lebih subur akan dimanfaatkan untuk menanam padi dan tanaman pangan lainnya (Soedjito 2005 dan Soedjito 2014). Masyarakat Dayak Umak Lung di Desa Setulang, Kabupaten Malinau, Kalimantan Utara mempunyai konsep Tanah Ulen untuk melestarikan sebagian wilayah berupa hutan alam agar memberikan jasa air tawar yang lumintu dan memanfaatkan produk hutan secukupnya sehingga ekosistem hutannya tetap terjaga (Soedjito 2009). Pelestarian sebagian wilayah tersebut adalah melalui kebun buah yang oleh masyarakat Kutai, Kalimantan Timur disebut *lembo* atau *talun*, sedangkan masyarakat Sunda di Jawa Barat menyebutnya *pekarangan*.

Pekarangan terkait erat dengan budaya masyarakat Indonesia (Soemarwoto 1979 dan Anonim 1980). Pekarangan masyarakat tradisional Dayak lebih didominasi pepohonan dengan tanaman bawah berupa sayuran, bumbu/rempah serta obat-obatan sehingga mirip ekosistem hutan tropik. Hutan tropik secara budaya tidak dapat dipisahkan dan menjadi sumber kehidupan masyarakat Dayak Kalimantan (Soedjito 2005 dan Uluk *et al*. 2001). Karakter hakiki masyarakat tradisional Dayak adalah eratnya interaksi dengan alam dan sumber dayanya. Kelestarian keanekaragaman hayati hutan di sekitarnya adalah juga demi kelangsungan hidup masyarakat Dayak Kenyah di Desa Long Sei Barang, Kalimantan Timur (Soedjito 1991). Kodrat koeksistensi dan bukan kompetisi antara manusia dan lingkungan ini didasarkan dan menghasilkan strategi budi daya yang adaptif pada lingkungan sehingga pemanfaatan sumber daya alamnya lestari. Komposisi jenis tanaman di pekarangan masyarakat Dayak pun memiliki variasi lapisan-lapisan tajuk seperti di hutan alam. Stratifikasi tajuk ini secara teknik menunjukkan efisiensi fotosintesis saat memanfaatkan energi sinar matahari.

Masyarakat Dayak Kalimantan mempunyai tradisi dan upaya untuk memindahkan sebagian jenis hutan ke pekarangan sehingga lebih dekat dan selalu tersedia bila diperlukan. Pekarangan bagi masyarakat Dayak, Kalimantan juga berfungsi sebagai laboratorium alam dan lahan percobaan ekologi jenis beberapa tumbuhan liar berguna. Beberapa tanaman "percobaan domestikasi" oleh berbagai kelompok sub-etnik Dayak ini di antaranya adalah keledang/kian (*Artocarpus odoratissimus*), cempedak (*Artocarpus integer*), pejalin (*Xanthophyllum* spp.), mali (*Litsea garciae*), buah Isao (*Dimocarpus longan*), bua keling (*Baccaurea angulata*), tengkawang (*Shorea* spp.), ulin (*Eusideroxylon zwageri*), asem kranji (*Dialium indum*), durian merah/lahong (*Durio dulcis*), gaharu (*Aquilaria* spp.), kulit manis (*Cinnamomum burmanni*), paku Danum (*Diplazium esculentum*), daun sip (*Phacelophrynium maximum*), dan bemban (*Donax cannaeformis*). Upaya domestikasi tumbuhan berguna oleh masyarakat Dayak ini perlu diperkuat dengan penelitian lanjutan dari institusi, lembaga penelitian, dan perguruan tinggi.

Kearifan masyarakat tradisional untuk melindungi kehati jenis liar di hutan ditemui di banyak pengetahuan lokal suku-suku di Indonesia lainnya. Masyarakat Sunda Kampung Leuwi Sapi, Desa Cimande, di tepi Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGP), Kabupaten Bogor, Jawa Barat, memanfaatkan hutan untuk sumber bahan obat-obatan. Minyak Cimande yang terkenal untuk penyembuhan patah tulang, hampir 100% terbuat dari tumbuhan rimba. Sejak 1970-an masyarakat ini juga menanam buah Canar (*Smilax zeylanica*) di pekarangan yang diambil dari kawasan TNGP. Masyarakat memilih salah satu bibit dari tunas Canar di hutan yang sedang berbuah dan membiarkan tunas yang lain berkembang alami. Domestikasi tumbuhan liar dari hutan ini lebih efisien dan bermanfaat tinggi secara ekonomi. Contoh lain adalah Saninten (*Castanopsis argentea*),

salah satu pohon khas hutan pegunungan Jawa Barat. Masyarakat sengaja memelihara pohon Saninten yang tumbuh di pinggir kampung karena berbuah lebat dan lezat. Saninten sangat potensial untuk pohon induk bagi pembiakannya di masa mendatang untuk mengembangkan produksi *nut* yang belum berkembang di Indonesia (Soedjito *et al.* 2007).

Teladan-teladan masyarakat yang dapat merasakan manfaat langsung dari kawasan konservasi tersebut terjadi juga di tempat lain. Masyarakat Desa Morekau di Pulau Seram mentransplantasi bibit pohon agatis (*Agathis damara*) di bawah pohon induk ke area hutan lain yang kurang populasinya agar dapat tumbuh besar. Masyarakat berkepentingan menambah populasi dan memberdayakan pohon agatis ini di dalam hutan alam karena mereka mengambil produksi damarnya untuk diperdagangkan. Anyei Apui, kepala Adat Besar Dayak Hulu Sungai Bahau, tokoh masyarakat Long Alango, Kabupaten Malinau, menanam gaharu (*Aquilaria beccariana*) di lahan miliknya. Penerima Kalpataru 2009 ini memungut bibit gaharu yang tumbuh di Taman Nasional Kayan Mentarang, Kalimantan Timur. Masyarakat Desa Setulang, di bagian lain Kabupaten Malinau, sejak 2005 menanam Gaharu dan Tengkawang, *Shorea palembanica*, dengan bibit dari tanah ulen: hutan konservasi tradisional masyarakat Dayak.

Petani tradisional ternyata mempunyai keanekaragaman jenis makanan yang tinggi. Jenis tumbuhan makanan ini biasa ditanam di ladang maupun dipelihara di pekarangan, bahkan "dibiarkan tumbuh" di lahan yang semi-liar. Masyarakat Dayak Kenyah Lepo' Tukung di Long Sungai Barang, Apo Kayan, misalnya, menggunakan tidak kurang dari 150 jenis tumbuhan makanan, termasuk di dalamnya 67 jenis tumbuhan liar dan 91 jenis yang ditanam di pekarangan yang tergolong dalam 70 marga dan 38 suku (Soedjito 1991). Hal ini sebenarnya tidak unik bagi budaya Dayak, namun umum dilakukan oleh petani tradisional di daerah tropik dengan alasan menjalankan strategi yang umumnya terfokus pada kelumintuan dan keamanan panen (Altieri *et al.* 1987 dan Clawson 1985).

Beberapa jenis tumbuhan makanan yang hidup liar mempunyai potensi untuk didomestikasi dan dikembangkan di masa mendatang. Sebagai contoh, Pakis danum (*Diplazium esculentum*) yang merupakan pakis yang tergolong dalam suku Polypodiaceae, pucuk mudanya dimakan seenak arparagus. Pakis danum ini banyak tumbuh liar di pinggir sungai dan apabila dikembangkan dapat setara dengan rasa asparagus yang dapat dikalengkan. Menjaga dan memelihara nilai budaya, melestarikan keanekaragaman hayati, dan melumintukan temuan-temuan masyarakat baik yang tradisional maupun yang modern harus digalakkan. Temuan-temuan lokal genius sangat potensial untuk mengangkat kesejahteraan masyarakat dari jurang kemiskinan.

10.4.9 Pelestarian Jenis-Jenis Lokal di Masyarakat Tradisional

Pelestarian kehati pada tingkat genetika telah lama dilakukan oleh masyarakat tradisional Indonesia, terutama tumbuhan pangan pokok, seperti padi, ubi jalar, dan talas/keladi. Dengan ladang daur ulang, masyarakat Dayak sebenarnya adalah pelestari plasma nutfah padi. Masyarakat Dayak Kenyah Umak Tukung di Long Sungai Barang, Apo Kayan paling tidak memelihara 25 varietas padi ladang lokal (Wijaya dan Jessup 1996). Dolvina Damus (1992, 1993) bahkan menemukan sebanyak 58 varietas padi di dua desa di Kecamatan Pujungan dan sebanyak 37 varietas padi di Kecamatan Krayan, Kalimantan Timur. Puluhan varietas padi ini mereka "rumat" dan "leluri". Sebagai contoh, seorang nenek di Desa Apo Ping mengenal 35 varietas padi (Setyawati 2003) dan ia menanam setiap varietas padi tidak untuk dimakan, hanya untuk memperbarui bibitnya (Soedjito 1996). Ia ingin "meleluri"-nya dengan penuh kasih sayang bagaikan mengasuh anaknya sendiri.

Kekuatan cinta terhadap tanaman seperti ini belum banyak digali dan dimanfaatkan untuk keperluan pelestarian alam (Soedjito 1996). Padahal nilai kearifan lokal ini dapat memangkas biaya pengelolaan yang menjadi beban negara apabila dikerjakan sendiri oleh lembaga negara. Bahkan nilai kearifan lokal sudah berfungsi sebagai laboratorium *ex situ* melalui kesadaran masyarakat lokal untuk selalu melestarikan setiap jenis varietas lokalnya. Budaya Dayak dan serumpunnya beserta pengetahuan tradisional ladang daur ulangnya harus diberdayakan agar terjamin

mendapatkan varietas lokal yang pada suatu saat nanti diperlukan dan akan selalu tersedia tanpa perlu mengeluarkan biaya ekstra. Pengetahuan tradisional varietas padi lokal, termasuk pemahaman kesesuaiannya dengan berbagai kondisi tanah seperti tanah basah, tanah datar, tanah kering di lereng, dan tanah hitam, merupakan suatu keunggulan yang dikandung dari kearifan lokal. Soedjito (1996) melaporkan bahwa masyarakat Dayak Lepo' Ke di Desa Apau Ping, Kabupaten Malinau mengenal penggolongan tanah sampai 16 macam. Mereka juga lebih mampu melihat tanah secara lebih rinci dibanding pengetahuan umum yang menggolongkan Kalimantan dalam satu macam tanah, yaitu Podsolik Merah Kuning.

Masyarakat Sunda di Bogor dan kawasan Puncak, Jawa Barat mempunyai berbagai macam varietas talas/keladi. Daerah Malang, Jawa Timur terkenal dengan tanaman bentul yang termasuk dalam jenis talas-talasan juga. Keladi yang varietasnya mencapai puluhan dapat ditemukan di daerah Wamena, Papua. Di Papua juga banyak ditemukan varietas ubi jalar yang menjadi sumber utama makanan mereka.

Keanekaragaman genetika ini sangat penting untuk pengembangan pertanian di masa datang. Banyak pemulia tanaman menekankan pentingnya ketersediaan plasma nutfah karena padi unggul sekarang yang semakin seragam dan ditanam monokultur akan mengundang masalah yang serius seperti serangan hama yang tidak terkendali. Masalah tentang makanan ini akan segera datang karena Hargrove *et al.* (1988) menemukan bahwa sejumlah besar varietas padi unggul membawa gen sitoplasma yang sama. Apabila pelestarian sumber daya plasma nutfah Indonesia yang sebagian besar masih di tangan petani tradisional tidak dilakukan, negara tidak akan mampu membangun bibit unggul yang sebenarnya sudah disediakan oleh alam.

10.5 Bencana Biologi

Bencana biologi adalah suatu keadaan di mana terjadi suatu kematian atau kecacatan dalam jumlah besar pada populasi manusia, flora atau fauna yang disebabkan oleh ledakan populasi atau aktivitas suatu organisme dan/atau produknya (National Disaster Management Authority 2008). Bentuk bencana biologi secara umum dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu a) epidemi atau pandemi penyakit dari organisme-organisme yang telah ada atau yang berpotensi muncul; dan b) ledakan populasi organisme yang mengganggu keseimbangan ekosistem. Dalam kaitan dengan persebaran penyakit, bencana ini dapat terjadi secara alami atau dalam bentuk suatu kesengajaan dari kegiatan perang biologi (*Biological Warfare*) atau terorisme biologi (*Bioterorisme*).

Bencana biologi telah terjadi di Indonesia dan memberikan efek yang cukup besar pada kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat. Ledakan populasi suatu organisme yang mengganggu ekosistem sebagian besar terjadi akibat jenis asing invasif (JAI) yang secara rinci telah dipaparkan pada Bab 7. Sebagai contoh, kerugian materiil yang ditimbulkan oleh JAI adalah enceng gondok yang menyumbat danau atau waduk sehingga Dinas Kebersihan DKI harus menganggarkan Rp46 miliar untuk memulihkan perairan agar dapat berfungsi dengan baik.

Kasus-kasus ledakan penyakit pada hewan ternak telah memberikan kerugian materiil yang sangat besar sehingga untuk menanggulanginya Kementerian Pertanian telah mengeluarkan SK DirJen Peternakan No. 103/TN.510/KPTS/DJP/0398 yang memuat 11 penyakit hewan menular (PHM) strategis, di antaranya adalah Brucellosis, Antraks, *Septicaemia Epizootica* (SE), *Infectious Bovine, Rhinotracheitis* (IBR), *Bovine Viral Diarhea* (BVD), dan Penyakit Jembrana (Riady 2005 dan Tarmudji 2006). PHM terjadi secara sporadis dalam lokasi geografis yang terbatas, misalnya penyakit ngorok di Lombok dan Brucellosis di Lombok dan Sumbawa. PHM tersebut belum dapat ditanggulangi sepenuhnya dan saat ini baru pemberantasan penyakit mulut dan kuku pada ruminansia besar yang berhasil dilakukan di seluruh wilayah Indonesia (Gde Putra 2006).

Sampai saat ini kasus-kasus penyakit hanya tercatat pada hewan ternak. Kasus-kasus pada satwa liar di habitat alaminya belum pernah tercatat. Meskipun demikian, seiring dengan banyaknya interaksi antara manusia dan satwa liar di Indonesia karena meningkatnya jumlah satwa liar yang dipelihara sebagai satwa kesenangan atau satwa

atraksi, potensi penyakit ini semakin besar. Penyakit yang pada mulanya hanya terjadi di hewan atau satwa dan manusia dapat berkembang dan saling menulari atau disebut zoonosis. Zoonosis ini memiliki potensi untuk menjadi bencana biologi.

10.6 Potensi Zoonosis

Zoonosis menjadi ancaman baru bagi kesehatan masyarakat dunia dan saat ini diperkirakan 75% penyakit baru terindikasi sebagai zoonosis yang berakibat fatal pada manusia dan satwa liar sebagai induk semang reservoir (Sendow *et al.* 2013). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa sekitar 70% *Emerging Infectious Disease* (EID) adalah zoonosis dan antara 50% dan 90% kematian dari EID ini menyerang sistem pernafasan, otak, dan organ tubuh lain. Meningkatnya potensi zoonosis ini adalah karena semakin mudah dan seringnya perpindahan manusia dan satwa sehingga potensi penyebaran penyakit ini semakin luas dan cepat.

Berdasarkan reservoir utamanya, zoonosis dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu *antropozoonosis*, *amphixenosis*, dan *zooanthroponosis*. *Antropozoonosis* merupakan penyakit yang bebas berkembang biak pada satwa domestik maupun satwa liar dan terkadang manusia dapat terinfeksi serta akan menjadi titik akhir. Pada kondisi seperti ini manusia dinamakan *dead end*, seperti pada rabies, leptospiroses, tularaemia, dan hidatidosis. *Amphixenosis* adalah penyakit di mana manusia dan hewan merupakan reservoir sebagai agen penyebab dan infeksi walapun tanpa perantara yang lain. *Zooanthroponosis* adalah penyakit yang ada pada manusia dan kadang dapat menular pada hewan/satwa, misalnya tuberculosis tipe humanus, amebiasis, dan diphtheria (Lampiran 1).

Penyakit yang bersumber pada hewan di Indonesia saat ini sekitar 200 zoonosis dan 25 penyakit hewan menular yang dianggap mengancam kesehatan masyarakat (Kepmentan no. 4026/Kpts/OT.140/4/2013). Penyakit-penyakit zoonosis yang disebarkan oleh hewan ke manusia antara lain rabies, tuberculosis bovis (TBC), brucellosis, salmonellosis, Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE), penyakit nipah, leptospiroses, leishmaniosis, echinococcosis, anthraks, avian influenze (AI) dan toksoplasmosis (Sumiarto 2006). Kasus-kasus zoonosis sebagian besar terjadi pada waktu dan lokasi yang terbatas. Pada dua dekade ini kasus zoonosis flu burung atau avian influenza yang bersumber pada virus H5N1 menimbulkan efek sosial ekonomi yang demikian besar.

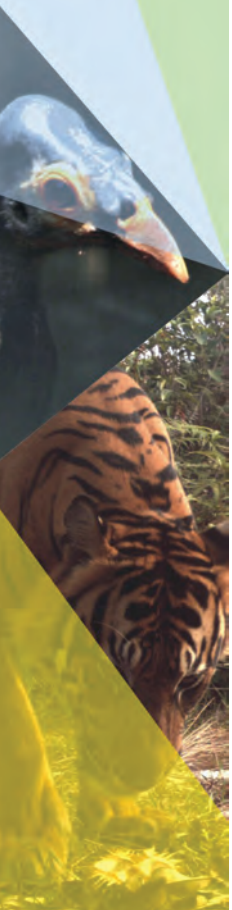
Flu burung disebabkan oleh penularan virus *Orthomyxovirus type A* yang dibawa oleh burung liar dan unggas. Virus flu burung ini memiliki berbagai subtipe yang dibedakan menurut antigen haemaglutinin dan neuramidase (glycoproteins) yang menyelubungi permukaan virus. Ada 16 antigen haemagglutinin yang berbeda (H1-H16) dan 9 neuramidase (NA) telah dikenali dan masing-masing subtipe virus dikenali lewat kombinasi antigen tertentu yang dimilikinya, misalnya H5N1 atau H3N2. Keseluruhan antigen haemagglutinin dan 9 antigen neuramidase telah teridentifikasi pada burung liar (FAO 2008). Virus flu burung bisa diklasifikasikan sebagai patogenik rendah (*Low Pathogenic Avian Influenza*–LPAI) sering disebut sebagai flu A dan patogenik tinggi (*Highly Pathogenic Avian Influenza*-HPAI) tergantung tingkat keganasannya.

Flu burung yang ditimbulkan oleh virus patogen tinggi H5N1 terdeteksi pertama kali pada unggas domestik di China tahun 1996. Dalam perkembangannya, transmisi H5N1 yang bersifat zoonotik terjadi di Hongkong tahun 1997 dan meledak pada tahun 2003 pada unggas dan manusia di Thailand dan Vietnam yang kemudian dalam waktu lima tahun H5N1 telah menulari manusia pada 15 negara (Stoop *et al.* 2006). Indonesia memiliki kasus flu burung tertinggi dengan 135 kejadian dan 110 kematian hampir tersebar di seluruh Indonesia. Kasus flu burung ini sebagian besar terjadi karena adanya interaksi antara korban dan unggas yang terjangkit atau yang mati karena H5N1 (WHO 2008, Sedyaningsih *et al.* 2007).

Kasus flu burung tidak hanya terjadi pada unggas namun juga burung liar, baik yang bersifat menetap atau bermigrasi. Kasus pada burung liar tercatat pertama kali di China di mana sebanyak 6.000 komunitas burung bermigrasi mengalami kematian pada bulan Mei 2005 (Lei *et al.* 2007). Kasus burung bermigrasi ini langsung mendapat perhatian khusus dari pemerintah, peneliti, dan pemerhati burung Indonesia karena jalur migrasi burung terse-

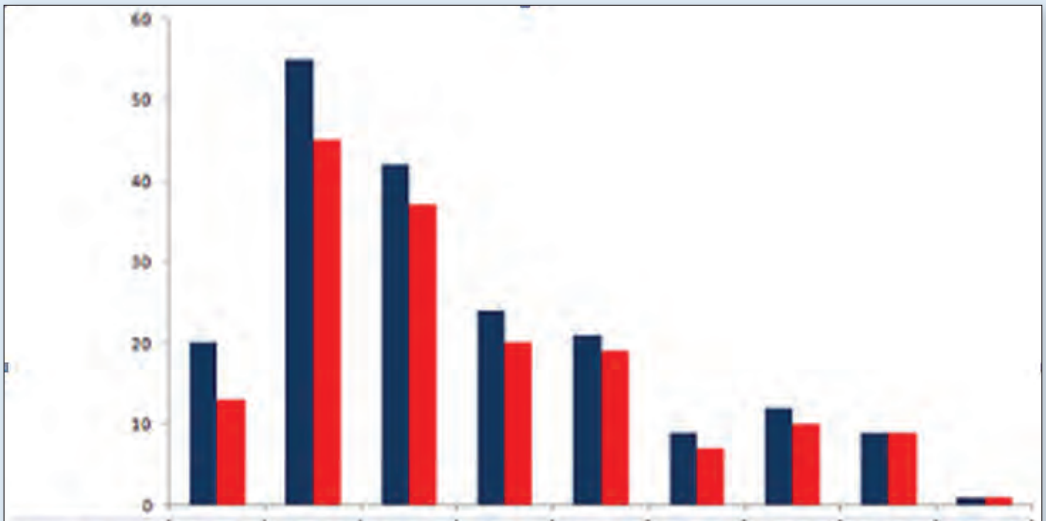
but berakhir di Indonesia. Potensi ancaman transmisi H5N1 dari burung bermigrasi tidak hanya akan memberikan efek pada kesehatan manusia dan hewan lain, tetapi juga usaha pelestarian burung tersebut jika penanganannya disamakan dengan unggas domestik yang terinfeksi.

Berdasarkan hasil penelitian flu burung yang dilakukan oleh berbagai pihak di Pulau Jawa dan Sulawesi pada tahun 2007 sampai dengan 2010, virus H5N1 ini dijumpai pada 28 jenis burung liar di antaranya: blekok sawah (*Ardeola speciosa*), kokokan laut (*Butorides striatus*), bambangan kuning (*Ixobrychus sinensis*), kuntul kecil (*Egretta* garzetta), kuntul perak (*Egretta intermedia*), kuntul kerbau (*Bubulcus ibis*), kowakmalam abu (*Nycticorax nycticorax*) elang brontok (*Spizaetus cirrhatus*), elang jawa (*Spizaetus bartelsi*), belibis kembang (*Dendrocygna arcuata*), itik alis (*Anas superciliosa*), gemak tegalan (*Turnix sylvatica*), mandarpadi sintar (*Gallirallus striatus*), mandar besar (*Porphyrio porphyrio*), cerek kernyut (*Pluvialis fulva*), cerek kalung kecil (*Charadrius dubius*)-burung bermigrasi, cerek tilil (*Charadrius alexandrinus*), gagangbayam belang (*Himantopus leucocephalus*), perkutut jawa (*Geopelia striata*), wiwik lurik (*Cacomantis sonneratii*), cabak kota (*Caprimulgus affinis*), rajaudang meninting (*Alcedo meninting*), rajaudang biru (*Alcedo coerulescens*), merbah cerukcuk (*Pycnonotus goiavier*), kerakbasi besar (*Acrocephalus orientalis*), kipasan belang (*Rhipidura javanica*), burung gereja erasia (*Passer montanus*), dan jalak suren (*Sturnus contra*) (Prawiradilaga 2010, Prawiradilaga *et al.* 2010, Elfidasari *et al*. 2011). Namun



KEJADIAN LUAR BIASA (KLB) FLU BURUNG DI INDONESIA

Avian Influenza (AI) atau yang dikenal dengan Flu Burung (FB) dilaporkan pertama kali di Indonesia pada tahun 2003. Kemudian menular secara anthroponozis ke manusia pertama kali (dilaporkan) pada bulan Juni 2005. Data Kementerian Kesehatan dari tahun 2005–2013 mencatat 191 kejadian manusia terserang FB dan sebanyak 161 orang meninggal karena penyakit ini. Informasi terkini menunjukkan bahwa FB telah tersebar di 15 provinsi di Indonesia meliputi DKI Jakarta, Banten, Jawa Barat, Lampung, Jawa Tengah, Sumatra Utara, Jawa Timur, Sumatra barat, Sulawesi Selatan, Sumatra Selatan, Riau, Bali, DI Yogyakarta, Bengkulu, dan Nusa Tenggara Barat. Sebanyak 78% kematian FB pada manusia terjadi pada usia muda dengan kategori umur 0–30 tahun.

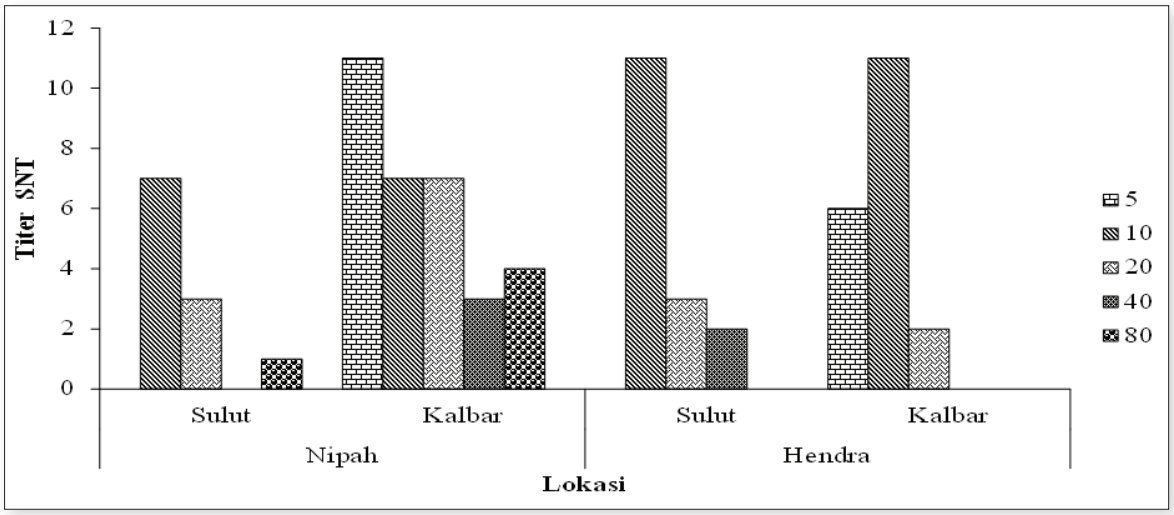


Tema	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Kasus	20	55	42	24	21	9	12	9	1
Kematian	13	45	37	20	19	7	10	9	1
CFR (%)	65	82	88	83	90	78	83	100	100

demikian, tidak seperti kasus pada unggas domestik terutama ayam, pada burung-burung liar yang terdeteksi H5NI tidak menunjukkan gejala-gejala flu burung dan tidak pernah ada temuan kematian masal. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi virus H5N1 yang rendah serta daya tahan burung liar yang tinggi terhadap paparan virus tersebut. Oleh karena itu peranan burung liar dalam penyebaran dan penularan H5N1 tidak ditemukan di Indonesia sampai saat ini.

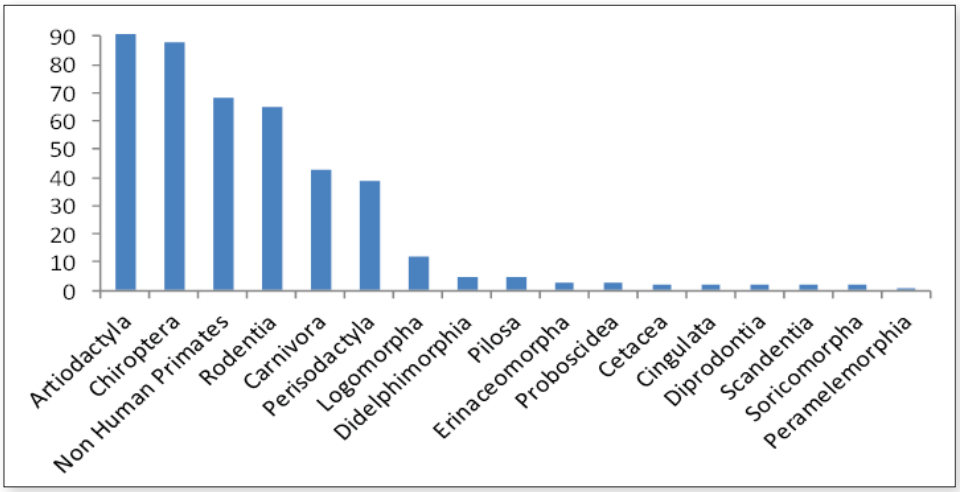
Satwa lain yang memiliki daya jelajah tinggi dan berpotensi sebagai agen zoonosis adalah kelelawar, khususnya kalong (*Pteropus vampyrus* dan *P. alecto*). Kelompok *Pteropus* telah tercatat membawa virus nipah dan hendra di sebagian wilayah Indonesia dan mungkin di wilayah lainnya (Breed *et al.* 2006 dan Sendow 2013). Meskipun demikian, belum ada data yang menunjukan kasus transmisi virus tersebut kepada manusia.

Sumber zoonosis yang juga menginfeksi satwa lain sebagai *host*-nya adalah nematoda (Saim & Purwaningsih 1999, Purwaningsih 2003, dan Purwaningsih *et al.* 2003). Sebagian besar nematoda yang dapat menginfeksi manusia terdapat pada tikus, seperti *Syphacia muris* yang pernah ditemukan pada seorang anak Amerika yang tinggal di Filipina (Seo *et al.* 1968), *Cyclodontostomum purvisi*, yang menginfeksi manusia di Thailand (Bhaibulaya & Indrangarm 1975), *Angiostrongylus cantonensis*, cacing yang menyebabkan radang otak pada manusia, di Indonesia pernah ditemukan menginfeksi manusia di Sumatra (Kwo & Kwo 1968). Cacing ini pernah ditemukan pada bagian mata seorang perempuan berusia 23 tahun di Semarang sehingga menyebabkan berkurangnya fungsi penglihatan (Carney & Stafford 1979). Penularan cacing *A. cantonensis* pada manusia diduga melalui perantara jenis-jenis keong yang tidak dimasak sampai matang sempurna. Penyebaran penyakit dapat pula melalui caplak. Sebagai contoh anggota Suku Ixodidae dan Argasidae sebagai pengisap darah pada inangnya dapat menyebarkan penyakit dari inang yang satu ke lainnya, atau dari dan ke satwa liar, domestik ataupun manusia (Gambar 136).



Sumber: Sendow 2013

Gambar 136. Distribusi titer virus Nipah dan Hendra pada serum kalong di Menado Sulawesi Utara dan Pontianak Kalimantan Barat dengan uji serum netralisasi



Sumber: Olival, Bogich *et al*., unpublished

Gambar 137. Jumlah jenis virus yang unik (dari ICTV Taksonomi) untuk setiap ordo mamalia dari tinjauan banyak literatur

CANINE DISTEMPER VIRUS (CDV) PADA KARNIVORA

Penelitian Deem *et al*. (1999) memperlihatkan bahwa *Canine Distemper Virus* (CDV) menyerang anjing domestik. Dampak penyakit CDV sudah masuk peringkat kedua setelah rabies. Statusnya sudah mulai menyerang semua suku karnivora darat seperti yang terjadi di Afrika, dari hyena ke singa. CDV menyebabkan kerusakan pada otak sehingga mengubah perilaku satwa liar untuk takut akan manusia. Kejadian di Swiss menginformasikan bahwa CDV telah membunuh sekitar 19 singa dan harimau. CDV diindikasi menjadi potensial zoonosis yang dapat berasosiasi dengan beberapa sclerosis manusia. Sejak tahun 2012, di Indonesia CDV telah menjadi isu yang diwaspadai sebab berpotensi menjangkiti harimau dan kucing besar lainnya.

Perkembangan jumlah penyakit dunia yang berperan sebagai zoonosis mengindikasikan bahwa penyebaran virus melalui kelelawar jauh lebih meningkat dibandingkan burung dan fauna pengerat rodensia. Indeks diversitas virus dunia pada rodensia adalah 9,54, karnivora 1,21, dan kelelawar 33,08 (Gambar 137).

10.6.1 Penanggulangan Zoonosis

Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2006 tentang Komite Nasional Pengendalian Flu Burung (*Avian Influenza*) dan Kesiapsiagaan Menghadapi Pandemi Influenza telah menetapkan langkah-langkah pencegahan dan penanganan flu burung dan penyakit terkait. Komite Nasional Flu Burung ini dilanjutkan dengan dibentuknya Komisi Nasional Pengendalian Zoonosis berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 30 Tahun 2011 tentang Pengendalian Zoonosis. Di samping itu, Kementerian Pertanian mengeluarkan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 4971/Kpts/OT.140/12/2013 tentang Penetapan Zoonosis Prioritas. Dengan adanya perangkat hukum ini arah dan strategi pencegahan, pengendalian, dan penanganan zoonosis dapat dijalankan dengan baik dan terkoordinasi mulai tingkat pusat sampai daerah.

Dalam kaitan dengan pencegahan zoonosis dari satwa liar ke manusia dan hewan lainnya, beberapa hal dapat dilakukan, antara lain

1) tidak memelihara satwa liar di rumah,
2) menjaga sanitasi dan nutrisi satwa liar yang dipelihara pada lembaga-lembaga konservasi,
3) mengurangi konversi habitat satwa liar seperti lahan basah dan hutan menjadi area pemukiman atau peruntukan lain sehingga kemungkinan kontak langsung dapat dihindari,
4) pemeriksaan rutin zoonis patogen di lembaga konservasi *ex situ*, seperti kebun binatang, taman satwa, dan taman safari.

Lampiran 1. Zoonosis yang Terjadi pada Kehidupan Liar (***Wildlife species***)

Name of Pathogens	Name of Diseases	Type (bacterial, viral, parasitic)	Found in Indonesia (Y/N)	Global distribution	Wildlife Species	Domestic species	Reservoir	Transfer/probable means of spread	Fatal or treatable in humans?
M. tuberculosis complex	Tuberculosis	Bacterial	Y	Y	All mammals	All mammals	Humans & Primates for the M.tuberculosis and Cattle/ goats for M.bovis	Direct: airborne, faecal-oral	Treatable in humans. Fatal in macaques and other primates.
S. enterica	Salmonellosis	Bacterial	Y	Y	Ungulates	Cows, sheep, goats, fish	Avia	Faecal - oral	Treatable
S. typhi and typhimurium	Typhoid fever	Bacterial	Y	Y	Primates		Humans	Faecal-oral	Treatable
Escherichia coli		Bacterial	Y	Y	All	All	Human/ animal	Direct, faecal-oral	Treatable
Shigella sonnei	Shigellosis	Bacterial	Y	Y	Primates		Human	Faecal, genital transmission	Treatable
Leptospira interrogans	Leptospirosis	Bacterial	Y	Y	All wild animals	All domestic animals	Rats	Water/food borne, recreational, occupational	Treatable
Bacillus anthracis	Anthrax	Bacterial	Y	Y	Wild herbivores and omnivores	Cattle, sheep, goats, horses		Food borne, direct contact, occupational	Treatable, can be fatal
Brucella abortus	Brucellosis	Bacterial	Y	Y	?	Domestic livestock	Domestic livestock	Food borne, Occupational	Not fatal
Campylobacter fetus jejuni	Campylobacteriosis	Bacterial	Y	Y	Non-human primates, wild birds	Domestic animals, cattle, poultry	Cattle, pigs poultry	Faecal/oral	Treatable
Yersinia pestis	Plague	Bacterial	Y	Y	Rodents	Dogs, cats	Rodents	Aerosol, vector: fleas	Treatable, can be fatal
Chlamydia psittaci	Psittacosis and ornithosis	Bacterial	Y	Y	Wild birds	Domestic birds (ducks, pigeons, turkeys, geese...)	Wild and domestic birds	Aerosol	Treatable
Clostridium tetani	Tetanus	Bacterial	Y	Y	Wild animals	Domestic animals	Herbivores	Wound infection	Treatable, can be fatal

Name of Pathogens	Name of Diseases	Type (bacterial, viral, parasitic)	Found in Indonesia (Y/N)	Global distribution	Wildlife Species	Domestic species	Reservoir	Transfer/probable means of spread	Fatal or treatable in humans?
Francisella tularensis	Tularemia	Bacterial	Y	Y	?	Domestic animals	Rabbits, rodents	Occupational, aerosol, ingestion	Treatable
Coxiella brunetti	Q fever	Bacterial	Y	Y	?	Sheep, cattle, dogs, cats		Occupational	Treatable
Rickettsia sp.	Ricketttsial diseases	Bacterial	Y	Y	Rodents	?	Rats	Vector: fleas and ticks	Treatable
Plasmodium sp.	Malaria	Protozoa	Y	Y	Primates		Humans, Primates	Mosquito	Treatable
Toxoplasma gondii	Toxoplasmosis	Protozoa	Y	Y	Wild mammals	Domestic mammals	Cats	Faecal oral, ingestion	Treatable
Cryptosporidium Giardia Amoeba Balantidia	Protozoal infections	Protozoa	Y	Y	Primates Beavers	Domestic animals, cattle, horses, birds	Humans & animals	Direct faecal-oral	Treatable
Flaviviridae virus	Dengue	Viral	Y	Y	Primates		Human	Vector: Aedes mosquito	Treatable, can be fatal
Poliovirus	Poliomyelitis	Viral	Y	Y	Primate		Human	Faecal/oral	None
Paramyxovirus Morbillivirus	Measles	Viral	Y	Y	Primate		Human	Aerosol	None
Varicella Zoster Virus VZV	Chickenpox	Viral		Y	Primates		Primates / Human	Airborne	None
Herpes HHV4	Epstein Barr Glandular Fever	Viral	Y	Y	Primates		Human	Direct Oral/genital	None
Influenza virus	Flu virus	Viral	Y	Y	Wild birds	Poultry and domestic birds, pigs	Wild and domestic birds	Direct airborne, faecal oral	None
Parainfluenza 3		Viral	Y	Y	Primates Ruminants		Wild ruminants	Aerosol, respiratory secretions	None
Picornavirus	Hepatitis A	Viral	Y	Y	Primates		Hominidae	Faecal/oral -Water borne	Possibly treatable
Hepadnavirus	Hepatitis B	Viral	Y	Y	Primates		Hominidae	Body fluid	Possibly treatable

Name of Pathogens	Name of Diseases	Type (bacterial, viral, parasitic)	Found in Indonesia (Y/N)	Global distribution	Wildlife Species	Domestic species	Reservoir	Transfer/probable means of spread	Fatal or treatable in humans?
Herpes HSV-1,2	Herpes simplex	Viral		Y	Primates?		Human	Direct oral/genital	None
Flavivirus	Japanese Encephalitis	Viral	Y	Y	?	Pigs, birds	Pigs, avians	Mosquito	?
Respiratory Syncytial Virus (RSV)		Viral	Y	Y			Human	Aerosol	None
Human Immunodeficiency Virus (HIV)	AIDS	Viral		Y	Primates?		Humans	Body fluids, genital transmission	None
Poxvirus	Cowpox	Virus	Y	Y	Wild cats and other mammals	Cattle, rodents	Cattle	Direct contact	Treatable
Aphtovirus	Foot and mouth disease	Virus	N	Y	???	Cattle, swine and others	Cattle	Occupational: Direct contact and fomites	Treatable
Hantavirus	Haemorrhagic fever with renal syndrome	Virus	Y	Y	Rodents	?	Rodents		Treatable
Lyssavirus	Rabies	Virus	Y	Y	Wild carnivores, non-human primates and chiroptera (bats)	Domestic carnivores	Dogs, chiroptera (bats)	Direct contact (bites)	Fatal, treatable but high mortality rate
Henipavirus	Hendra and Nipah virus	Virus	?	Y	Fruit bats	Pigs, dogs, cats, horses	Fruit bats	Direct contact, contact with body fluids and excrements	No treatment, can be fatal
Paramyxovirus	New Castle disease	Virus	Y	Y	Fowl and Wild birds	Poultry and other domestic birds	Wild birds	Occupational exposure	Treatable
Bovine Spongiform encephalopathy (BSE)	Mad cow disease	Prion	N	Y	?	Cows	Cows	Occupational exposure, ingestion	Not treatable, can be fatal

Name of Pathogens	Name of Diseases	Type (bacterial, viral, parasitic)	Found in Indonesia (Y/N)	Global distribution	Wildlife Species	Domestic species	Reservoir	Transfer/probable means of spread	Fatal or treatable in humans?
Dirofilaria sp., Brugia sp., Wuchereria sp.	Filariasis	Nematoda	Y	Y	Wild carnivores, Primates	Dogs, cats		Vector: mosquito bite	Treatable
Ancylostoma sp., Necator sp.,	Cutaneous larva migrans	Nematoda	Y	Y	Primates, wild carnivores, ungulates	Cat, dogs, Sheep, swine...		Skin contact with infective larvae	Treatable
Angiostrongylus sp.		Nematoda	Y	Y	Rats, Primates	?	Rats	Faecal oral, ingestion	Treatable
Oesophagostomum sp.	Oesophagostomiasis	Nematoda	Y	Y	Primates	?	?	Ingestion	Treatable
Strongyloides sp.	Strongyloidiasis	Nematoda	Y	Y	Primates	Dogs		Skin contact with infective larvae	Treatable
Trichinella sp.	Trichinellosis	Nematoda	Y	Y	Wild carnivores, rodents, wild boars	Pigs	Pigs, wild boars	Ingestion of meat	Treatable
Toxocara sp.	Visceral larva migrans	Nematoda	Y	Y	Wild carnivores	Dogs, cats		Faecal-oral	Treatable

Mangrove Karang Pramuka
Suhardjono | 2011

LIPI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA

Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional

KEKINIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA 2014

BAB 11
TANTANGAN DAN HARAPAN PENGELOLAAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

BAB 11 | TANTANGAN DAN HARAPAN PENGELOLAAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

Permasalahan besar yang terjadi di Indonesia adalah eksploitasi secara berlebihan terhadap sumber daya alam sehingga mengancam keberlanjutan produksinya pada masa yang akan datang. Seperti diketahui, ketika kualitas lingkungan menurun, ekosistem akan terdegradasi dan sumber daya alam hayati makin terancam kelestariannya. Degradasi lingkungan, terutama di ekosistem pulau kecil dan hutan pamah serta pegunungan tinggi, terjadi hampir setiap hari. Akar permasalahannya adalah tingginya laju pertumbuhan penduduk, kemiskinan, deforestasi, kebakaran hutan dan lahan, degradasi dan fragmentasi habitat, pengambilan yang berlebihan, persebaran jenis-jenis invasif, pencemaran, dan perubahan iklim. Sementara itu, hasil penelitian yang memperlihatkan data yang sahih kurang mendapat apresiasi para politikus dan pemegang kebijakan.

Pemahaman ilmu pengetahuan hayati dan teknologi adalah modal yang dapat dipergunakan untuk membangun bangsa Indonesia. Ilmu pengetahuan adalah agen pengubah sekaligus faktor utama yang dapat memberdayakan lanskap sosial budaya, politik, ekonomi dan pasar. Oleh karena itu, bangsa Indonesia perlu mereposisi ilmu pengetahuan hayati dan teknologi demi kepentingan pembangunan berkelanjutan berwajah kemanusiaan. Berbagai kendala terkait sumber daya, seperti belum optimalnya kajian dan eksplorasi biota di daerah yang berpotensi ditemukan jenis biota baru; hilangnya jenis serta sumber daya genetika akibat kerusakan ekosistem di daerah tertentu; dan terbatasnya peneliti di bidang ilmu dasar yang berhubungan langsung dengan kajian kehati, harus ditangani.

Di era pembangunan yang mengutamakan ekonomi hijau, dan selaras dengan program *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia dengan mengurangi risiko kerusakan terhadap lingkungan maka kehati Indonesia merupakan sumber yang berpotensi untuk lebih dikembangkan dan digali manfaatnya. Pengertian pembangunan ekonomi hijau harus dapat diterjemahkan sebagai perekonomian yang tidak menghasilkan emisi karbon dan polusi lingkungan sehingga dengan pengelolaan yang bijaksana kelestarian lingkungan akan tetap terjaga.

Pernyataan tentang Indonesia sebagai negara dengan mega biodiversitas perlu terus disosialisasikan karena sumber daya biologi ini jelas memberikan basis kehidupan bagi bangsa Indonesia bahkan dunia. Nilai fundamental, seperti pangan, kesehatan, energi, sosial, etika kebudayaan, dan ekonomi yang berasal dari keanekaragaman hayati telah menjadi bagian dari kehidupan sejak peradaban manusia di bumi nusantara.

Tekanan terhadap kehati semakin tinggi disebabkan oleh adanya peningkatan populasi manusia, alih fungsi lahan, bencana alam, perubahan iklim dan kegiatan antropogenik lainnya yang menyebabkan berbagai perubahan lingkungan yang berpengaruh langsung terhadap status kehati Indonesia. Jumlah kehati yang tercatat saat ini masih lebih rendah dibandingkan dengan jumlah jenis yang sudah tercatat di tingkat dunia.

Pada bab ini disampaikan rangkuman hasil kajian kehati terkini yang mengungkapkan permasalahan yang dihadapi, disertai dengan tantangan dan harapan untuk mencapai kondisi yang diinginkan seperti dapat dilihat pada Tabel 52. Bab ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi para pengambil keputusan dalam rangka penyusunan program penyelamatan dan pengelolaan kehati. Upaya penyelamatan dan pengelolaan kehati secara berkelanjutan ini harus mengacu pada *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan* (IBSAP) yang sudah dibuat sejak tahun 2003. Dalam *Strategy Plan for Biodiversity* pada tahun 2011–2020 pada saat COP X, tanggal 18–29 Oktober di Nagoya, di *Aichi Perfecture*, dicanangkan lima strategi *goal* yang kemudian diterjemahkan dalam 20 target yang disebut dengan Aichi Target. Kelima strategi tersebut adalah 1) Mengatasi penyebab hilangnya keanekaragaman hayati dengan mengarusutamakan keanekaragaman hayati dalam kegiatan Pembangunan Nasional dan berbagai aspek kehidupan masyarakat; 2) Menurunkan tingkat tekanan terhadap kehati dan pemanfaatan berkelanjutan; 3) Meningkatkan status kehati melalui perlindungan ekosistem, spesies dan genetik, 4) Meningkatkan *benefit* kehati dan jasa lingkungan; dan 5) Meningkatkan implementasi program kehati melalui peningkatan teknologi, dan kapasitas sumber daya manusia.

Tabel 52. Tantangan dan Harapan Pengelolaan Kehati

Permasalahan	Tantangan	Harapan
Indonesia dikenal sebagai negara dengan kehati sangat tinggi, namun informasi kehati masih sangat terbatas.	Luasnya daratan dan lautan Indonesia serta uniknya geologi dan geografi Indonesia, memungkinan Indonesia sebagai negara terkaya kehati di dunia, namun informasi tentang hal tersebut masih sangat sedikit.	Perlu pengungkapan kehati, terutama di Indonesia timur (Papua, NTB, NTT, Maluku, Sulawesi). Diperlukan pusat *database* kehati nasional yang disertai dengan pemetaan jenis dan validasi nama jenis ditambah dengan informasi pemanfaatan lokal berdasarkan pengetahuan lokal.
Potensi kehati Indonesia belum tergali dan tervaluasi.	Banyak kehati yang telah dimanfaatkan, baik secara tradisional maupun dari hasil penelitian yang dapat ditingkatkan menjadi industri, namun masih perlu dilengkapi datanya.	Perlu dilakukan pemetaan pemanfaatan, sebaran dan data karakteristik (data fisik, mekanik, kimia) kehati Indonesia, memvaluasi, memilah yang bisa segera diangkat menjadi suatu industri, dipatenkan menjadi produk yang dapat bernilai tinggi dan digunakan dalam pengentasaan kemiskinan.
Pengelolaan keanekaragaman hayati dalam kegiatan pembangunan nasional dan berbagai aspek kehidupan masyarakat belum optimal.	Peningkatan kesadaran berbagai pihak melalui penyadartahuan tentang pentingnya pelestarian kehati secara berkelanjutan.	Pengarusutamaan pengelolaan kehati secara berkelanjutan dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan nasional dan daerah sebagai landasan untuk menaikkan taraf kehidupan masyarakat.
Eksploitasi kehati secara berlebihan.	Peraturan tentang pembatasan volume/jumlah yang boleh diambil, musim pengambilan, dan ukuran yang boleh diambil pada keanekaragaman jenis masih sangat terbatas.	Perlu lebih jelas peraturan (UU, Permen, Perda) yang mengatur pemanfaatan kehati menjadi pemanfaatan berkelanjutan dan ditingkatkannya pengetahuan tradisional masyarakat tentang konservasi ekosistem, jenis maupun genetik sebagai bagian dari cara perlindungan dari eksploitasi secara berlebihan.

Permasalahan	Tantangan	Harapan
Pemanfaatan kehati masih lebih banyak diperolehdari alam.	Penyediaan kehati berkelanjutan dengan cara budi daya atau domestikasi sehingga tidak ada pengambilan dari alam.	Teknik domestikasi dan pembudidayaan fauna, flora maupun mikrob perlu ditingkatkan sehingga eksploitasi tidak berasal dari alam, tetapi dari hasil pemeliharaan atau budi daya.
Kehilangan kehati akibat bencana alam, kerusakan lingkungan, kegiatan manusia dan perubahan tata guna lahan.	Bagaimana mengurangi terjadinya laju kehilangan jenis, terutama yang terancam punah dan melepaskan diri sebagai *hot spot country*	Perlindungan jenis, usaha penangkaran dan perbanyakan untuk: 1. mengurangi eksploitasi kehati, 2. meningkatkan perlindungan ekosistem untuk menjaga kelestariannya, 3. meningkatkan luasan kawasan konservasi perairan dan daratan, 4. kegiatan konservasi dan restorasi berdasarkan perbedaan ekosistem, 5. menurunkan pencemaran di berbagai kawasan ekosistem, terutama areal yang rentan dan adanya jenis yang terancam punah, dan 6. menetapkan jenis yang perlu dilindungi hingga terancam punah dengan kriteria-nya disertai dengan cara penangkaran dan perbanyakannya.
Keterbatasan kawasan konservasi dan restorasi untuk melindungi keanekaragaman hayati.	Areal konservasi saat ini didasarkan pada perlindungan jenis, bukan ekosistem sehingga perlu penambahan areal konservasi yang didasarkan pada fungsi ekosistem.	1. Perubahan paradigma area konservasi ditetapkan berdasarkan fungsi ekosistem. 2. Perlu kegiatan lebih nyata untuk merehabilitasi dan merestorasi ekosistem yang rusak. 3. Penambahan areal konservasi berdasarkan keanekaragaman ekosistem.
Perubahan tata guna lahan yang mengakibatkan semakin sempitnya ekosistem asli Indonesia.	Hilangnya ekosistem karena perubahan tata guna lahan lebih cepat dibandingkan usaha pemetaan.	Perlu pemetaan dan penetapan luasan minimal berdasarkan tipe dan fungsi ekosistem. Peningkatan kegiatan eksplorasi biota Indonesia pada berbagai tipe ekosistem dengan mencerminkan jenis endemik di ekosistem tersebut sebagai habitat khusus.
	Hilangnya ekosistem ini berakibat pada hilangnya-biota yang belum banyak dieksplor.	Mempercepat berbagai kajian bioprospeksi fauna, flora maupun mikrob dengan teknik termutakhir menggunakan *high throughput screening* dalam melakukan tes kimia, genetik dan famakognosi guna memperoleh komponen aktif dalam kehati. Pengembangan teknologi kultur mikrob untuk mendapatkan biakan murni dan mengembangkan teknik penyimpanan sehingga mikrob dapat digunakan kapan saja.
Lemahnya pengelolaan lahan pertanian, perikanan dan kehutanan secara berkelanjutan.	Belum memiliki konsep pengelolaan tata ruang secara sinergis dan terpadu untuk pemanfaatan kehati, genetika dan pengembangannya secara berkelanjutan, baik yang masih liar maupun yang sudah didomestikasi/budi daya	Pemanfaatan lahan pertanian dan perikanan dilakukan secara terencana dengan menggunakan sistem pertanian organik dan pemilihan kultivar/budi daya yang tidak menimbulkan kerusakan ekosistem. Pencemaran di berbagai kawasan ekosistem perairan sungai, danau, laut, terumbu karang, padang lamun, mangrove, ekosistem pertanian dan lainnya dari kelebihan nutrien, pestisida dan herbisida menurun.

Permasalahan	Tantangan	Harapan
Terjadinya erosi genetika flora, fauna, dan mikrob.	Pendataan dan perlindungan terhadap sumber daya genetika flora, fauna dan mikrob.	1. Mengusulkan dan mendaftarkan adanya perlindungan kultivar, varietas tanaman yang belum terdaftar, terutama kultivar asli dan tradisional. 2. Didirikannya lembaga yang bertanggung jawab menangani permasalahan pendaftaran hewan dan mikrob yang setara dengan Lembaga Perlindungan Varietas Tanaman. 3. Mengusulkan dan mendaftarkan bangsa hewan, baik yang murni maupun maju, dan hasil unggulan yang sudah digunakan.
Ancaman jenis invasif.	Jenis invasif berpengaruh negatif, baik secara ekologi, ekonomi maupun sosial.	1. Perlu kajian survei ekologi dan analisis risiko jenis invasif. 2. Perlu kajian pemberantasan dan pencegahan jenis invasif yang ramah lingkungan. 3. Perbaikan peraturan (UU, Permen, Perda) yang mengatur keluar masuknya species antarwilayah NKRI dan antarnegara.
Kehati masih dianggap sebagai keunggulan komparatif.	Valuasi kehati Indonesia. Peningkatan pemanfaatan kehati dengan memanfaatkan teknologi dan inovasi mutakhir.	Valuasi sumber daya hayati secara ekonomi dan ekologi perlu dilakukan untuk memanfaatkan kehati yang belum dikenal. Peningkatan teknologi dan inovasi berbasis nilai tambah kehati sehingga pemanfaatannya akan lebih terkendali.
Keterbatasan sumber daya manusia dan sarana.	Kemampuan dalam memetakan kehati bersama pemanfaatan dan karakterisasinya. Kemampuan dalam mengikuti penamaan tata nama kehati berdasarkan filogenetika terakhir.	Tersedianya SDM yang mumpuni dan berdedikasi untuk kemajuan kehati Indonesia. Peningkatan SDM untuk taksonomi flora, fauna dan mikrob beserta filogenetiknya.
Ancaman perubahan iklim bagi negara kepulauan, sementara pemetaan kehati pulau-pulau kecil di Indonesia belum selesai.	Kondisi geografi Indonesia yang menyulitkan dalam melakukan eksplorasi di pulau kecil, termasuk kurangnya perhatian kajian tentang pentingnya mangrove sebagai pencegah abrasi laut pada wilayah pulau kecil.	Implementasi Strategi Nasional Pengelolaan Pulau-Pulau Kecil dan Ekosistem Mangrove Indonesia dilakukan secara nyata dan terpadu pada semua pengambil kebijakan.
Kurangnya informasi biota laut Indonesia.	Luasnya wilayah lautan Indonesia. Pendataan dan perlindungan biota laut Indonesia masih minim. Penggalian potensi/bioprospeksi biota laut yang lebih banyak dilakukan oleh peneliti asing.	Peningkatan kajian dan kegiatan penggalian informasi dan potensi biota laut Indonesia. Valuasi biota laut.
Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia yang dibarengi dengan penurunan minat menjadi petani menyebabkan menipisnya sumber bahan pangan.	Banyak potensi sumber daya hayati alternatif yang belum tergali informasi pemanfaatannya.	1. Inventarisasi, karakterisasi, dan valuasi keanekaragaman hayati untuk pangan; 2. Pembaharuan produk dan proses produksi pangan dari tumbuhan, tanaman, hewan, ternak dan mikrob; 3. Pembaharuan bahan baku pangan melalui teknologi kultur jaringan, rekayasa genetika dan bioproses; 4. Penggalian pengetahuan lokal masyarakat tentang keanekaragaman pangan berbasis sumber daya hayati; 5. Status populasi jenis-jenis berpotensi sebagai sumber pangan.

Ulasan secara umum seperti disebutkan sebelumnya, mengindikasikan bahwa masih banyak data kehati yang perlu digali dan dieksplorasi lebih intensif. Hingga saat ini kekayaan hayati di setiap bentang ekosistem yang belum tergali dan ternamakan akan berpacu dengan hilangnya kawasan yang telah mengalami perubahan bentuk.

Oleh sebab itu, terkait dengan keanekaragaman hayati, reposisi iptek perlu segera dilakukan dengan memberi prioritas penelitian dan pengembangan dengan perhatian khusus pada 1) inventarisasi, karakterisasi, dan valuasi keanekaragaman hayati; 2) pembaharuan produk dan proses produksi tumbuhan, tanaman, hewan, dan mikrob yang tidak hanya pada produk turunannya, tetapi sampai kepada informasi genetikanya; 3) pembaharuan bahan melalui teknologi kultur jaringan, rekayasa genetika, dan bioproses; 4) penemuan pengetahuan lokal masyarakat tentang keanekaragaman berbasis sumber daya hayati; 5) peningkatan daya adopsi masyarakat atas hasil iptek kehati sebagai suatu usaha, 6) revisi dan penyempurnaan aspek hukum yang berhubungan langsung dengan kehati.

DAFTAR PUSTAKA

Abonyi, F.O., Iyi, E.O., & Machebe, N.S. (2012). Effects of Feeding Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Leaves on Growth Performance and Nutrient Digestibility of Rabbits. *Afr. J. Biotechnol*. 11(15): 3.709–3.712.

Abrar, M., I. Bachtiar, & A. Budiyanto. (2012). Struktur Komunitas dan Penyakit pada Karang (Scleractinia) di Perairan Lembata, Nusa Tenggara Timur. *Ilmu Kelautan* 17(2): 109–118.

Adewolu, M.A. (2008). Potentials of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Leaf Meal as Dietary Ingredient for *Tilapia zilli* Fingerlings. *Pakistan Journal of Nutrition* 7(3): 444–449.

Agusta, A. (2008). Perbandingan Komponen Kimia Rimpang Temu Hitam (*Curcuma aeruginosa* Roxb.) dan Temu Putih (*C. zedoaria*) Asal Jepang. *Majalah Obat Tradisional* 13(46): 155–159.

Agustiyani, D. *et al*. (2011). Populasi dan Aktivitas Denitrifikasi serta Emisi Gas N_2O pada Lahan Pertanian Organik, Pertanian Intensif, dan Hutan. *Berkala Penelitian Hayati* 17: 15–19.

Ahmad, A. (2011). *Rahasia Ekosistem Hutan Bukit Kapur*. Surabaya: Brilian Internasional.

Ahmad, F., Megia, R., & Poerba, Y.S. (2014). Genetic Diversity of *Musa balbisiana* Colla in Indonesia Based on AFLP Marker. *Hayati Journal of Bioscience* 21(1). Available on line at *http://journal.ipb.ac.id/index.php/hayati*. doi:10.4308/hjb.21.1.

Ahyono, A. *et al*. 2011. *Model Kelembagaan Bank Pangan Nonberas di Tingkat Masyarakat untuk Membangun Ketahanan Pangan di Pedesaan*. Jakarta: LIPI Press.

Aimi, M. & Bakar, A. (1992). Taxonomy and Distribution of *Presbytis melalophos* Group in Sumatra, Indonesia. *Primates* 33(2): 191–206.

Airy, Shaw H.K. (1953). Thymelaeaceae–Gonystyloideae. *Flora Malesiana* I Vol. 4(4): 349–365.

Airy, Shaw H.K. (1972). Thymelaeaceae–Gonystyloideae. *Flora Malesiana* I Vol. 6(6): 976–982.

Altieri, M.A., Anderson, M.K., & Merrick, I.C. (1987). Peasant Agriculture and the Conservation of Crop and Wild Plant Resources. *Conservation Biology* II(1): 49–58.

Amir, M., S. Kahono, & Erniwati. (2004). Inventarisasi dan Karakterisasi Serangga Pengunjung Bunga Tanaman Buah-Buahan di Jawa. *Laporan Teknik Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumber Daya Hayati*. Pusat Penelitian Biologi-LIPI.

Anderson, J.A.R. (1963). The Flora of the Peat Swamp Forests of Sarawak and Brunei, including a Catalogue of All Recorded Species of Flowering Plants, Ferns, and Fern Allies. *Garden's Bulletin* 20(2): 131–228.

Anonim. (1980). *Kesimpulan Seminar Ekologi Pekarangan III*, 18–19 Desember 1980. Lembaga Ekologi, Universitas Padjadjaran, Bandung.

Anonim. (2000). *International Agenda for Botanic Gardens*.

Anonim. (2000). IUCN *Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss Caused by Alien Invasive Species*. *http://www.intranet.iucn.org/webfiles/doc/sscwebsite*.

Anonim. (2006). Invasive Species: Invasive Species Advisory Committee. *http://invasivespecies info.gov/advisory.shtml*

Anonim. (2006). *Invasives, Newsletter of the Asia Pasific Forest Invasive Species Network* (APFISN). Vol 1.

Anonim. (2010). IUCN/SSC Invasive Species Specialist Grup (ISSG). *http://www.issg.org/gisd*.

Anonim. (2011). *Status Lingkungan Hidup Ekoregion Kalimantan Tahun 2011*.

Anshori, M. & Martono, D. (2009). *Biologi*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

Antonius, S. & Agustyani, D. (2011). Pengaruh Pupuk Organik Hayati yang Mengandung Mikroba Bermanfaat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Tanaman Semangka serta Sifat Biokimia Tanahnya pada Percobaan Lapangan di Malinau-Kalimantan Timur. *Berkala Penelitian Hayati* 16: 203–206.

Antonius S. *et al*. (2005). Bioremidiation of Polluted Agricultural Land: Microbial Activities as Bioindicator and Biodegrader Agent of Pollutant for Supporting Organic Farming. *3rd International Workshop on Environment & Sustainable Development*, IERC-GIS, Korea.

Antonius, S. *et al*. (2007). Development of Sustainable Agriculture: Soil Microorganisms Enzymantic Activity of Organic Farming in Jabopuncur Catchment's Area Treated with Agricultural Wastes as Biofertilizier. In Nugroho A.P. *et al*. (Eds.). *Proceeding International Seminar: Contribution Towards a Better Human Prosperity*. Faculty of Biology-UGM, Yogyakarta: 340–341.

Antonius, S. *et al*. (2010). Effect of Phosphate Solubilization Microorganism (PSM) and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yiels and Yield Component of Soybeans (*Glycine max*). In Soesanto L. *et al*. (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Organisme Pengganggu Tanaman Ramah Lingkungan*. Unsoed, Purwokerto, 10–11 November 2010: 174–180.

Antonius, S., Laili, N., & Agustyani, D. (2011). Great Potential of Microbial Isolates from Forest Ecosystem in Malianu-East Kalimantan as Bio-fertilizer and Bio-control Agents. In Phartama, P. *et al*. (Eds). *Proceeding Inafor 2011, International Conference of Indonesia Forest Researchers 5–7 December 2011, Strengthening Forest Science and technology for Better Forestry Development.* Ministry of Forestry, Forestry Research and Development Agency: 169–175.

Antonius, S. *et al*. (2012). Development of Sustainable Agriculture: the Role of Beyonic-StarTmik LIPI Biofertilizer on Yield Improvement of Various Crops and Conservation of Soil Biochemical Properties of Various Ecosystem in Indonesia. In Abdulhadi, R. *et al*. (Eds.). *Proceedings Mobilizing Science Toward Green Economy*, The 12th Sciences Council on Asia (SCA) Conference and International Symposium 10–12 July, 2012. Bogor, Indonesia: 119–126.

Antonius S. *et al*. (2006). Exploring Carbamates-Degrading Bacteria from Soil of Distant Indonesian Island. *Proceeding of 4th International Workshop on Environment & Sustainable Development*, IERC-GIS, Korea.

Anthony, J.W., Mustafa, M., & Hendereson, G.S. (1987). *Ekologi Sulawesi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 844.

Anwar J. *et al*. (1984). *Ekologi Ekosistem Sumatra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

APS. (2003). Expedition Sumatra 2000. *Rapport Spéléologique et Scientifique*.

Ardiwidjaja, R. (2006). Pariwisata Budaya, Mengapa Tidak Sekarang? *www.budpar.go.id/filedata/747_88-pariwisatabudaya.pdf*.

Arida, E.A., Sihotang, V.B.L., & Tihurua, E.F. (2014). Update on Indonesia's Draft of Invasive Alien Species. *Laporan Workshop Global Taxonomy Initiative*, Bogor 11–12 Juni 2014. Bogor: Pusat Penelitian Biologi-LIPI.

Ashton, P.S. (2003). Floristic Zonation of Tree Communities on Wet Tropical Mountains Revisited. *Perspective in Plant Ecology, Evolution and Systematic* 6: 87–104.

Asia Pacific Forest Invasive Species Network (APFISN). (2006). Invasive. *Newsletter of Asia Pacific Forest Invasive Species* 1(7): 3.

Azkab, M.H. (1988). Pertumbuhan dan Produksi Lamun, *Enhalus acoroides* di Rataan Terumbu di Pari Pulau Seribu. In P3O-LIPI. *Teluk Jakarta: Biologi, Budidaya, Oseanografi, Geologi dan Perairan*. Jakarta: Balai Penelitian Laut, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI.

Backer, C.A. & van den Brink, R.C.B. Jr. (1968). *Flora of Java*. 3 Vols. Noordhof, Walters, Groningen.

Baker, J.H. (1980). The Use of Industrial Enzymes in the Conversion of Starch. In Stanton, W.R. & Flach, M. (Eds.). *Sago the Equatorial Swamps as a Natural Resource, Proceeding of the Second International Sago Symposium*. Kuala Lumpur. September 1979.

Baker, W.J. (1998). Patterns of Distribution of Malesian Vascular Plants. In Hall, R. & Holloway, J.D. *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*. Leiden: Backhuys Publishers.

Balai Penelitian Karet Sungai Putih. n.d. *http://balitsp.com/profile-balai/fasilitas/*. Diunduh pada 22 September 2014.

Baliadi, Y. & Tengkano, W. (2010). Lalat Penggorok Daun, *Lyriomyza* sp. (Diptera: Agromyzidae), Hama Baru pada Tanaman Kedelai di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. Malang(*http://pustaka.litbang.deptan.go.id/publikasi/p3291101.pdf*)

Balitsereal. (2010). *Sumber Daya Genetik*.

Bamboo Phylogeny Group. (2012). An Updated Tribal and Subtribal Classification of the Bamboos (Poaceae: Bambusoideae). *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society* 24(1): 1–10.

Bappenas. 2003. Strategi dan Rencana Aksi Keanekaragaman Hayati Indonesia 2003–2020. IBSAP *Dokumen Regional*. Jakarta: Bappenas.

Barcelona, J.F. (2009). Taxonomi, Ecology and Conservation Status of Phillippines Rafflesia *(Rafflesiaceae*). *Blumea*: 77–93 pp.

Basmal, J. (2001). *Perkembangan Teknologi Riset Penanganan PascaPanen dan Industri Rumput Laut*. Jakarta: Pusat Riset Pengelolaan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan.

Baso, G. (2009). Mophilolonga Katuvua: Konsepsi Masyarakat Adat Toro dalam Mempertahankan Kelestarian Sumber Daya hutan. In Soedjito, H., Purwanto, Y., & Sukara, E. (Eds.). *Situs Keramat Alami Peran Budaya dalam Konservasi Keanekaragaman Hayati*. Kerja sama Komite Nasional MAB Indonesia dan Conservation International Indonesia. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

BB-Biogen. (2010). *Buku Katalog Sumber Daya Genetik Tanaman Pangan*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian.

Becker, E.W. (1994). *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Beehler, B. (2007). A New Species of Smoky Honeyeater(Meliphagidae: Melipotes) from Western New Guinea. *The Auk* 124(3): 1000–1009.

Beehler, G.P., McGuinness, B.M., & Vena, J.E. (2001). Polluted Fish Sources of Knowledge and the Perception of Risk: Aftrican American Anglers' Sport Fishing Practices. *Human Organization: Journal of the Society for Applied Anthropology* 60(3): 288–297.

Bentonm, J. & Gutman, S.I. 1990. Relationship of Allozyme Genotype to Survivorship of Mayflies(Stenonemafemoraturn) Exposed to Copper. *Journal of the North American Benthological Society* 9: 271–276.

Berg, P. & Dasmann, R.F. (1977). Reinhabiting California. *Ecologist* 10(12): 399–401.

Botanic Gardens Conservation International (BGCI). (1995). *A Handbook for Botanic Gardens on the Reintroduction of Plants to the Wild*. Surrey, UK: Botanic Gardens Conservation International & IUCN Species Survival Commission–Reintroduction Specialist Group.

Bhaibulaya, M. & Indrangarm, S. (1975). Man: An Accidental Host of *Cyclodontostomum purvisi* (Adam, 1933) and the Occurrence in Rats in Thailand. *Southeast Asian J. Trop. Pub. Hlth.* 6(3): 391–394.

Biederbeck, V.O. *et al*. (1996). Soil Microbial and Biochemical Properties after Ten Years of Fertilization with Urea and Anhydrous Ammonia. *Can. J. Soil Sci.* 76: 7–14.

BIG. (2013). *Laporan Tahunan PPKLP*. Bogor: Badan Informasi Geospasial(BIG).

BirdLife International. (2003). *Saving Asia's Threatened Birds: A Guide for Government and Civil Society*. Cambridge: BirdLife International.

Bisema, J.M. (1968). *Jamur yang Dapat Dimakan, yang Beracun, dan Pengusahaan Jamur Merang di Indonesia*. Jakarta: PT Kinta.

Bloemberg, G.V. & Lugtenberg, B.J. (2001). Molecular Basis of Plant Growth Promotion and Biocontrol by Rhizobacteria. *Curr. Opin. Plant Biol.* 4: 343–350.

Boedijn, K.B. (1940). Mycetozoa, Fungi and Lichens of the Krakatau Group. *Bull. Jard. Bot. Buitenzorg*. III. 16: 398–399.

Boomgaard, P. (1988). Mengubah Ukuran dan Perubahan Ukuran: Pertumbuhan Pertanian Daerah di Pulau Jawa, 1815–1875. Dalam Anne Booth *et al*. *Sejarah Ekonomi Indonesia*. Jakarta: LP3ES.

Bouchet, P. & Rocroi, J-P. (2005). Classification and Nomenclator of Gastropod Families. *Malacologia* 47(1–2): 1–397.

Bouchet, P. & Rocroi, J-P. (2010). Nomenclator of Bivalve Families: with a Classification of Bivalve Families. In Bieler, R., Carter, J.G., & Coan, E.V. *Malacologia*, 52(2): 1–184.

BPLHD Jabar. (2013). *Profil Kehati Jawa Barat*. Bandung: BPLHD Jawa Barat dan LPPM ITB.

Breed, A.C. (2006). Emerging Henipaviruses and Flying Foxes–Conservation and Management Perspectives. *Biological Conservation* 131: 211–220.

Brown, M.J. (1997). *Durio-A Bibliographic Review*. R.K. Arora, V. Ramanatha Rao, & Rao, A.N. (Eds.). New Delhi: IPGRI Office for South Asia.

Brown, Jr.K.S. (1997). Diversity, Disturbance and Sustainable Use of Neotropical Forests: Insects as Indicators for Conservation Monitoring. *J. Ins. Cons*. 1: 25–42.

Budiarti, S.G. (2007). Status Pengelolaan Sumber Daya Genetik Jagung. *Buletin Sumber Daya Genetik* 13(1): 11–17.

Bull, A.T., Goodfellow, M., & Slater, J.H. (1992). Biodiversity as a Source of Innovation in Biotechnology. *Annual Reviews of Microbiology* 46: 219–252.

Burke, L., Selig, E., & Spalding, M. (2002). *Reefs at Risk in Southeast Asia*. Cambridge: World Resources Institute.

Burkill, I.H. (1935). *Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula*. London: Crown Agents for the Colonies.

Burton, M.A.S. (1986). Biological Monitoring of Environmental Contaminants (Plants). MARC *Report Number 32*. Monitoring and Assessment Research Centre. London: King's College London, University of London.

Burung Indonesia. (2013). Kawasan Penting Biodiversitas Kawasan Wallace.

Carney, W.P. & Stafford, E.E. (1979). *Angisotrongiliasis in Indonesia: A Review in Studies on Angiostrongiliasis in Eastern Asia and Australia*. Cross, H.J. (Ed.). U.S Naval Medical Research Unit 2. Taipei, Taiwan. 164 pp.

Chandria, W. & Karuniawan, A. (2010a). Genetic Relationships of Exotic Sweet Potato(*Ipomoea batatas*(L.) Lam) Collected from West Java Based on Cluster Analysis of Agro-Morphological Traits. In *Proceeding on a National Seminar Perhimpunan Hortikultura Indonesia(Perhorti)*, in cooperation with Center for Horticultural Crops, University of Udayana Bali, 25–26 November 2010, Denpasar, Bali.

Chandria, W., Natawijaya, A., & Karuniawan, A. (2009). Genetic Diversity Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lamb) Germplasm of West Java and Japanese Genetic Resources Based on Cluster Analysis Phenotypic Traits. In *Congress and Symposium PERIPI*. Bogor Indonesia, November 2009, Bogor.

Chen, E. (2012). Growmore Biotech Plants up Power with Bamboo in India. Green Prospects Asia–Connecting Sustainable Businesses. Available at *http://www. greenprospectsasia. com/ content/ growmore-biotech-plants-power-bamboo-India*.

Choi, M.A. (2005). Xanthorrhizol, A Natural Sesquiterpenoid from *Curcuma xanthorrhiza* has an Anti-Metastatic Potential in Experimental Mouse Lung Metastasis Model. *Biochem. Biophys. Res. Commun*. 326: 210–217.

Cholik, E., Fatimah, & Suhardjono, Y.R. (2012). Potensi Serangga Tanah dalam Menjaga Keseimbangan Ekosistem Tanah pada Lantai Perkebunan Karet Lampung. *Seminar Nasional Taksonomi Fauna Indonesia dan Kongres I MZI*. Unsoed, MTFI, MZI dan Pusat Penelitian Biologi, Purwokerto 9–10 November 2012.

Chookajorn, T. *et al*. (1999). The Fish Population in Rajjaprabha Reservoir Thailand. In M.L.T. van Densen & M.J. Morris (Eds.). *Fish and Fisheries of Lakes and Reservoirs in Southeast Asia and Africa*. Otley: Westbury Academic & Scientific Publishing.

Coates, B.J. & Bishop, K.D. (1997). *A Guide to the Birds of Wallacea: Sulawesi, The Moluccas and Lesser Sunda Islands, Indonesia*. Australia: Dove Publiation Pty. Ltd.

Cordon, A. & Arianto, W. (2004). Invasive Alien Plant Species in Mount Gede-Pangrango Nature Reserve. *J. Gulma Tropika* 2(2): 75–85.

Corner, E.J.H. (1996). The Agarics Genera Marasmius, Chaetocalathus, Crinipellis, Heimiomyces, Resupinatus, Xerula, and Xerulina in Malesia. Beih. *Nova Hedwigia* 111: 1–141.

Corner, E.J.H. (1996). *The Natural History of Palms*. London: New Bond Street.

Cortet J., Gomot-De Vauflery, A. *et al*. (1999). The Use of Invertebrate Soil Fauna in Monitoring Pollutant Effects. *European Journal of Soil Biology* 35(3): 115–134.

Craig, J.F. (2011). Large Dams and Freshwater Fish Biodiversity. *http://www.dams.org/*

Damus, D. (1992). Inventarisasi Varitas Padi di Desa Long Alango dan Desa Apau Ping, Kecamatan Pujungan, Kalimantan Timur. *Laporan Penelitian Proyek Kayan Mentarang*, Kantor WWF Samarinda.

Damus, D. (1993). Inventarisasi Varitas Padi di Desa Binuang dan Desa Ba'Liku, Kecamatan Krayan, Kalimantan Timur. *Laporan Penelitian Proyek Kayan Mentarang*.

Dannenmanna, M.E.B. *et al*. (2007). The Potential of Bamboo as a Source of Renewable Energy in Northern Laos. Makalah dalam *Tropentag 2007*. University of Kassel-Witzenhausen and University of Göttingen, October 9–11, 2007. *Conference on International Agricultural Research for Development*.

Dariah, A. (2009). *Konservasi Tanah pada Lahan Tegalan*. Balai Penelitian Tanah. Bogor

Darmanto. (2009). Pandangan tentang Hutan, Tempat Keramat, dan Perubahan Sosial di Pulau Siberut, Sumatra Barat. In Soedjito, H., Purwanto, Y., & Sukara, E. (Eds.). *Situs Keramat Alami Peran Budaya dalam Konservasi Keanekaragaman Hayati*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, Komite Nasional MAB Indonesia, dan Conservation International Indonesia. Pp: 267–280.

David, R.B. *et al*. (2005). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Garrity, G. (Ed.). New York: Springer-Verlag.

de Foresta, H. *et al*. (Eds.). (2000). *Agroforest Khas Indonesia*. Institut de Recherche pour le Development (IRD), France.

de Wit, H.C.D. (1949). Short History of the Phytography of Malaysian Vascular Plants. In C.G.G.G.J. van Steenis (Ed.). *Flora Malesiana* I, 4: lxxxiv–xc. Groningen: Wolters Nijhoff.

Deharveng, L. & A. Bedos. (2003). Lan Sangki Souterraine. Explorations 2000, Synthese Speleologique et Faunistique. Dalam APS 2003. *Expedition Sumatra 2000. Rapport Speleologique et scientifique*: 23–28

Deharveng, L. (2007). Caves and Cave Fauna of the Maros Karst. In Deharveng, L. *Project Report Zoological Investigation in the Karts of South and Southeast Sulawesi*, 10 August–10 October 2007. Pp 23–25.

Demain, A.L. & Sanchez, S. (2009). Microbial Drug Discovery: 80 Years of Progress. *The Journal of Antibiotics* 62(1), 5–16.

Departemen Kehutanan. (2007). *Strategi dan Rencana Aksi Konservasi Harimau Sumatera*(*Panthera tigris sumatrae*) *2007–2017*.

Desjardin, D.E., Retnowati, A., & Horak, A. (2000). Agaricales of Indonesia 2. A Preliminary Monograph of Marasmius from Java and Bali. *Sydowia* 52(2): 92–93.

Dewi, R.T. *et al*. (2012). Isolation of Antioxidant Compounds from *Aspergillus terreus* LS01. *Microbial & Biochemcal Technology* 4: 010–014.

Dinoto, A., Rahayu, D.R., & Satjaningtijas. (2010). Perubahan Kadar Kolesterol Serum pada Tikus setelah Mengonsumsi Maltooligosakarida yang Disintesis secara Enzimatik Menggunakan Amilase Bacillus licheniformis BL1. *Berita Biologi* 10: 15–22.

Dinoto, A. *et al*. (2011). Keanekaragaman Bakteri Penghasil Eksopolisakarida Asal Saluran Cerna Manusia. *Berkala Penelitian Hayati* 16: 195–201.

Dinoto, A., Watumlawar, C.C., & Yopi. (2013). In Vitro Modulation of Human Intestinal Microbiota by Mannoligosaccharides Synthesized from *Amorphophallus muelleri* Glucomannan. *Microbiology Indonesia* 7: 144–151.

Djuwansah, R. (2000). Some Characteristic of Tropical Podzol in Kalimantan. In Iwakuma T. *et al*. (Eds.). *Proceeding of the International Symposium on Tropical Peat Lands. Graduate School Environmental Earth Science Hokkaido University & Research Center for Biology. Sapporo*: 33–37.

Dransfield, J. *et al*. (2008). Genera Palmarum. *The Evolution and Classification of Palm*. Kew: Royal Botanic Garden.

Dutton, I.M., Bengen, D.G., & Tulungen, J.J. (2000). Oceanographic Processes of Coral Reefs. In Wolanski E. (Ed.). *The Challenges of Coral Reef Management in Indonesia*. Pp: 315–330.

Eardley, C. *et al.* (Eds.). (2006). Pollinators and Pollination: A Resource Book for Policy and Practice. *African Pollinator Initiative*. Pretoria, South Africa.77 pp.

Eco-energy Solution. No date. Project Report on Cultivation of Bamboo and Its Bioenergy Production. *Bio_Energy_Bamboo_project_EES.pdf*. Available at: *www.ecoenergysolutions.co.in/pdf/*

Edward, C. (1993). Reviews in Biotechnology: Isolation Properties and Potential Applications Of Thermophilic Actinomycetes. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 42(2–3): 161–179.

Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta.

Elfidasari, D., Solihin, D.D., Soejoedono, R.D., Murtini, S., & Noor, Y.R. (2011). Serosurveillane of Avian Influenza Virus Subtype H5N1 with Haemagglutination Inhibition on Wild Aquatic Birds in Pulau Dua Serang Natural Reserves, Banten Province. *Makara Sains* 15(2): 179–185.

Ellenberg, H. (1973). Versuch einer Klassifikation der Okosysteme nach funktionalen Gesichtpunkten. In Ellenberg, H. (Ed.). *Okosystemforshung*. Springer, Berlin, Heidelberg New York.

Erniwati & Kahono, S. (2008). Karakterisasi Serangga Pengunjung Bunga Beberapa Tanaman Buah-Buahan di Jawa Timur. Kongres V Persatuan Entomologi Indonesia, Cibinong 18–19 Maret 2008.

Erniwati, Lupiyaningdyah, P., & Tantowijoyo, W. (2013). Parasitoid Serangga Pengorok Daun *Liriomyza*: Intensitas Parasititasi Perubahan Sebaran dan Komposisinya. *Zoo Indonesia* 22(1): 39–43

Faegri K. & van der Pijl, L. (1971). *The Principles of Pollination Ecology*. Pergamon Press.

FAO. (1997). *The State of the World's Plant Genetik Resources for Food and Agriculture*. 540 pp.

FAO. (2008). Burung Liar dan Flu Burung: Pengantar Riset Lapangan Terapan dan Teknik Pengambilan Sampel Penyakit. Disunting oleh D. Whitworth, Newman, S.H., Mundkur, T., & Harris, P. *Panduan Produksi dan Kesehatan Hewan* FAO, No. 5. Food and Agriculture Organization of the United Nations & Wetlands International-Indonesia Programme, Jakarta.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2011). *State of the World's Forest 2011*. FAO, Roma, Italia.

FAOstat. (2014). *http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx*

Fatimah, Cholik, E., & Suhardjono, Y.R. (2012). Collembola Permukaan Tanah Kebun Karet Lampung. *Zoo Indonesia* 21(2): 17–22.

Flach, M. (1997). *Sago palm*. *Metroxylon sagu* Rottb. Promoting the Conservation and Use of The Underutilized and Neglected Crops. 13. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome. Italy. 76 pp. ISBN 92-9043-314-X.

Florano, E.R. (2004). Regional Environment Cooperation without Tears or Fear: The Case of the ASEAN Regional Haze Action Plan. Paper Presented at *the International Environmental Governance Conference*. Paris, France, 15–16 March.

Forsyth, T. (2014). Public Concerns About Trans boundary Haze: a Comparison of Indonesia, Singapore, and Malaysia. *Global Environmental Change*. 25: 76–86.

Fransworth, N.R. (1985). Medicinal Plants in Therapy. *Bull. World Health Organiz.*, 63: 965–961.

Free, J.B. (1993). *Insect Pollination of Crops*. 2nd edition. Academic Press. 684 pp.

Fu, Y., Chen M., Ye X., Zhang Q., Liao Z., & Yang C. (2008). Variation Laws of Anthocyanin Content in Roots and Their Relationships with Major Economic Traits in Purple-Fleshed Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Agricultural Sciences in China* 7(1): 32–40.

Fujita, D., Trijatmikoa, K.R., Taglea, A.G., Sapasapa, M.V., Koidea, Y., Sasakia, K., Tsakirpalogloua, N., Gannabana, R.B., Nishimurad, T., Yanagihara, S., Y. Fukuta, Slamet-Loedina, T.I.H., Ishimarua, T., & Kobayashi, N. (2013). *NAL1 Allele from a Rice Landrace Greatly Increases Yield in Modern Indica Cultivars*. PNAS Early Edition.

Available at *www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1310790110*

Fujiyama, N., Kikuta, S., Koji, S., Kahono, S., Katoh, T., & Katakura, H. (2012). *Spatial Variation in Novel Host-Use by A Herbivorous Ladybird Beetle: Situation Across SE Asia*.

Gadug, S. dan Voon, B.H. (2000). Kepelbagaian Durio di Sarawak. In Mohamed, Z.A., M.S. Othman, A.T. Sapii, Z. Mahmood, and S. Idris (Eds.). *Prosiding Seminar Durian 2000: Kearah Menstabilkan Pengeluaran Kualiti dan Pasaran*, 1–3 Ogos 2000. Ipoh, Perak, Malaysia. Mardi, Kuala Lumpur. p. 212–215.

Ganjar, I. & Dewi, S.S. (1974). The Nutrient Content of Fermented *Mucuna pruriens*. Paper Presented in *The First ASEAN Workshop on Grain Legumes*. Bogr. Indonesia 15–20 January 1974.

Gans, J., Wolinsky, M., & Dunbar, J. (2005). Computational Improvements Reveal Great Bacterial Diversity and High Metal Toxicity in Soil. *Science* 309(5.739): 1.387 – 1.390.

Garris, A.J., Tai, T.H., Coburn, J., Kresovich, S., & McCouch, S. (2005). Genetic Structure and Diversity in *Oryza sativa* L. *Genetics* 169(30): 1.631–1.638.

Gde Putra, A.A. (2006). Situasi Penyakit Hewan Menular Strategis pada Ruminansia Besar: Suveilans dan Monitoring. *Prosiding Lokakarya Nasional Ketersediaan Iptek dalam Pengendalian Penyakit Stategis pada Ternak Ruminansia Besar*: 31–48.

Germi, F. & Waluyo, D. (2006). Additional Information of The Autum Migration of Raptor in East Bali, Indonesia. *Forktail* 22: 71–76.

Germi, F., Young, G.S., Salim, A., Pangimangen, W., & Schellekens, M. (2009). Over-Ocean Raptor Migration in a Monsoon Regime: Spring and Autumn 2007 on Sangihe, North Sulawesi, Indonesia. *Forktail* 25: 105–117.

Giesen, W. (1991). Berbak Wildlife Reserve, Jambi. *Reconnaisance Survey Report*. PHP A/A WB Sumatera Wetland Project Report No. 13. ASEAN Wetland Bureau-Indonesia. Bogor.

Giesen, W. (1993). Indonesia Mangroves: an Update on Remaining Area and Main Management Issues. Presented at *International Seminar on Coastal Zone Management of Small Island Ecosystems*. Ambon 7–10 April 1993.

Giesen, W, Wulffraat, S., Zieren, M., & Scholten, L. (2007). *Mangrove Guidebook for Southeast Asia*. Food and Agricultural Organisation & Wetlands International. Bangkok, Thailand. 769 pp.

Gilbert, J. & Deharveng, L. (2002). Subterranean Ecosystem: A Truncated Functional Biodiversity. *Bioscience* 52(6): 473.

Girmansyah, D., Yessi, S., & Suratman (Eds.). (2006). *Index Herbariorum Indonesianum*. Bogor: Pusat Penelitian Biologi, LIPI.

Goss, A. (2004). The Floracrats: Civil, Science, Bureaucracy and Institutional Authority in the Netherlands East Indies and Indonesia, 1840–1970. *Ph.D Dissertation*, University of Michigan.

Grice, E.A., Kong, H.H., Conlan, S., Deming, C.B., Davis, J., & Young, A.C. (2009). NISC Comparative Sequencing Program. Bouffard, G.G., R.W. Blakesley, P.R. Murray, E.D. Green, M.L. Turner, J.A. Segre. Topographical and Temporal Diversity of the Human Skin Microbiome. *Science*, 324: 1.190–1.192.

Grubben, G.J.H. & Partohardjono, S. (Eds.). 1996. *Plant Resources of South-East Asia No. 10*.

Guiry, M.D. (2012). How many species of algae are there? *Journal of Phycology* 48: 1.057–1.063.

Gumilang, A.R., Hidayat, A., & Agustini, E. (2005). *Tanaman Berpotensi Obat*. Kebun Raya Cibodas I. UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Cibodas. 60 pp.

Gunadi, T. (1985). *Anggrek Untuk Pemula*. Angkasa Bandung.

Gunadi, T. (1986). *Anggrek dari Benua ke Benua*. Angkasa Bandung. 129 pp.

Hadi, P. (2014). Kedaulatan Pangan: Kemandirian, Pemberdayaan dan Pemberantasan Kemiskinan. Makalah dalam pokok pikiran untuk *Diskusi Panel Ikatan Alumni Akademi Pertanian* Ciawi Bogor. 26 Maret 2014.

Hadiaty, R.K. (2012). Keragaman Spesies Ikan di Kawasan Karst Gunungsewu dan Sekitarnya. *Prosiding Workshop Ekosistem Karst*, Yogyakarta 18–19 2011. LIPI, BKSDA Yogyakarta dan Yayasan Kanopi Indonesia: 131–147.

Hadisusanto, S. (2012). Vegetasi Kawasan Karst Gunungsewu. *Prosiding Workshop Ekosistem Karst*, Yogyakarta 18–19 2011. Diseleng-

garakan atas kerja sama LIPI, BKSDA Yogyakarta dan Yayasan Kanopi Indonesia: 120–130.

Häkkinen, M. & Wallace, R. (2011). Genetic Resources for Banana Improvement. In: M Pillay & A Tenkouano (Eds.). *Banana Breeding: Progress and Challenges*. CRC Press. p. 41–51.

Handayani, L. & R. Mulyasari. 2014. *Medicine Tea: Sebuah Inovasi untuk Mengoptimalkan Potensi Tanaman Obat-Obatan Tradisional Suku Anak dalam(SAD) Jambi. (http://litbangjambi11.files.wordpress.com/2011/11/kti-medicine-tea1.pdf*, diakses tanggal 15 Oktober 2014).

Handelsman, J., Tiedje, J., Alvarez-Cohen, L., Ashburner, M., Cann, I.K.O., DeLong, E.F., Doolittle, W.F., Fraser-Liggett, C.M., Godzik, A., Gordon, J.I., Riley, M., & Schmid, M.B. (2007). *The New Science of Metagenomics: Revealing The Secrets of Our Microbial Planet*. The National Academies Press: Washington, DC.

Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., & Lo, K. (2010). *Global Surface Temperature Change*. Rev. Geophys., 48, RG4004, doi:10.1029/2010RG000345

Harada, K., Rahayu, M., & Muzakkir, A. (2002). Medicinal Plants of Gunung Halimun National Park, West Java, Indonesia. *Biodiversity Conservation Project*. 135 pp.

Hargono, D., Farouq, Sutarno, S., Pramono, S., Rahayu, T.R., Tanuatmadja, U.S., Sumarsono. (1986). *Sediaan Gelanik*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

Hargono, D., Farouq, Rifai, M.A., Widjaja, E.A., Musdarsono, Djubaedah, E., Mardiaty, & Setianingsih, D.S. (1986). *Senarai Tumbuhan Obat Indonesia (A list of Indoneisan Medicinal Plants*). Departemen Kesehatan R.I.

Hargrove, T.R., Cabanilla, V.I., & Coffman, W. (1988). Twenty Years of Rice Breeding. *BioScience* 38(10): 675–681.

Harlan, J.R. (1971). Agricultural Origins: Centers and Non-Centers. *Science* 14: 468–474.

Harlan, J.R. (1975). *Crops and Man*. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin. 295 pp.

Harsanto, P.B. (1986). *Budidaya dan Pengolahan Sagu*. Yogyakarta: Kanisius.

Harwati, T.U., Y. Kasai, Y. Kodama, Susilaningsih, D., & K. Watanabe. (2007). Characterization of Diverse Hydrocarbon-Degrading Bacteria Isolated from Indonesian Seawater. *Microbes Environ*. 22: 412–415.

Harwati, T.U., Y. Kasai, Y. Kodama, Susilaningsih, D., & K. Watanabe. (2009). Tropicibacter naphthalenivorans gen. nov., sp. nov., a Polycyclic Aromatic Hydrocarbon-Degrading Bacterium Isolated from Semarang Port in Indonesia. *International Journal of Systematic And Evolutionary Microbiology*, 59(2): 392–396.

Hawksworth, D.L. (1991). The Fungal Dimension of Biodiversity: Magnitude, Significance, and Conservation. *Mycological Research* 95: 641–655.

Hawksworth, D.L. (1992). Biodiversity in Microorganisms and Its Role in Ecosystem Function. In Solbrig, O.T., van Emden, H.M., & van Oordt, P.G.W.J. (Eds.). *Biodiversity and Global Change*. IUBS Monograph 8, International Union of Biological Sciences. Paris. Pp 83–93.

Hein, L., Koppen, K.V., de Groot, R.S., & van Ierland, E.C. (2006). Spatial Scales, Stakeholders and The Valuation of Ecosystem Services. *Ecological Economics* 57: 209–228.

Hennings, P. (1900). Fungi Monsunenses. *Monsunia* 1: 15–16, 150–151.

Herawati, H & Santoso, H. (2011). Tropical Forest Susceptibility to and Risk of Fire Under Changing Climate: A Review of Fire Nature, Policy and Institutions in Indonesia. *Forest Policy and Economics* 13(4): 227–233.

Hetterscheid, W.L.A. (1995). Sumatran Amorphophallus Adventures, 20 August–1 September 1993. *Aroideana* 17: 61–77

Heyne, K. (1950). *De nuttige planten van Indonesia*. Deel I.N.V. Uitgeverji van Hoeve, s'Gravenhage. Bandung.

Heyne, K. (1987). *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Badan Litbang Kehutanan. Yayasan Sarana Wana Jaya.

Hibbett, D.S., Binder, M., Bischoff, J.F., Blackwell, E. *et al*. (2007). A Higher-Level Phylogenetic Classification of the Fungi. *Mycological Research* 111: 509–547.

Hidayat, S. (2005). *Ramuan Tradisional ala 12 Etnis Indonesia*. Jakarta: Penebar Swadaya. ISBN 979-489-944-5. Hlm. 98 & 320.

Holmes, S. (1979). *Henderson's Dictionary of Biological Terms*. Ninth Edition. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

Hore, D.K. & Rathi, R.S. (2007). Characterization of Job's Tears Germplasm in North-East India. *Natural Product Radiance* 6(1): 50–54.

House, L.R. (1985). *A Guide to Sorghum Breeding*. 2nd ed. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. ICRISAT Patancheru P.O. India. 220pp.

Howarth, F.G. (1980). Ecology of Cave Arthropods. *Annual Review of Entomology* 28(1): 365–389.

http://balitbu.litbang.deptan.go.id

http://balitbu.litbang.deptan.go.id/ind/

http://balitjestro.litbang.deptan.go.id /id/jeruk/)

http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/ external/ basmati/rice_genet_divers_mcnally_en.pdf)

http://perkebunan.litbang.deptan.go.id/?p=8852

http://perkebunan.litbang.deptan.go.id/?page_id= 174).

http://ppvt.setjen.deptan.go.id

http://www.ditjenphka.go.id/index.php?a=dk

http://www.litbang.deptan.go.id/

http://www.theplantlist.org/browse/A/Musaceae/ Musa/

http://www.who.int/whr/2008/08_contents_ en.pdf?ua=1

Huang, X., N. Kurata, X. Wei, Z.X. Wang, A. Wang, Q. Zhao, B. Han *et al*. (2012). A Map of Rice Genome Variation Reveals the Origin of Cultivated Rice. *Nature* 490(7421): 497–501.

Huber, J.A., Welch, M.D.B., Morrison, H.G. *et al*. (2007). Microbial Population Structures in the Deep Marine Biosphere. *Science* 318: 97–100.

Huer, R.F. & Lamberti, G.A. (2007). *Methods in Stream Ecology*. 2nd edition. London-UK: Elsevier.

Hutagalung, R.A. (2010). *Ekologi Dasar*. Jakarta. Pp 13–15.

Hutomo, M. & M.K. Moosa. (2005). Indonesian Coastal and Marine Biodiversity: Present Status. *Indian Journal of Marine Sciences* 14(1): 88–97.

Hynes, H.B.N. (1972). *The Ecology of Runing Water*. Toronto: University of Toronto Press.

ICRISAT & FAO. (1996). *The World Sorghum and Millet Economies*. Facts, trends and outlook. International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics, Agriculture Organization of the United Nations. Commodities, and Trade Division. ISBN 92-5-103861-9

Iqbal, M. & Hasudungan, F. (2008). Observations of Milky Stork *Mycteria cinerea* During 2001–2007 in South Sumatra province, Indonesia. *BirdingAsia* 9: 97–99.

Iqbal, M., Takari, F., Irawan, D., Faisal, R., Firdaus, A., Syafrizal, & Ridwan, A. (2012). The Shorebirds of Bangka Island, Sumatra, Indonesia. *Stilt* 61: 51–54.

Irawati. (2011). Micropropagation of *Amorphophallus titanum* Becc. (Araceae). *The Botanic Garden Bulletin* 14: 29–36.

Ishida, H., H. Suzuno, N. Sugiyama, S. Innami, T. Tadokoro, & A. Maekawa. (2000). Nutritive Evaluation on Chemical Components of Leaves, Stalks and Stems of Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas* Poir). *Food Chemistry* 68: 359–367.

Iskandar, J. (2009). Pelestarian Daerah Mandala dan Keanekaragaman Hayati oleh Orang Baduy. In Soedjito, H., Purwanto, Y., & Sukara, E. (Eds.). *Situs Keramat Alami Peran Budaya dalam Konservasi Keanekaragaman Hayati*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, Komite Nasional MAB Indonesia, & Conservation International Indonesia. Pp. 267–280.

Islam, I., Shaikh, A.U., & Shahidul, I.M. (2009). Antioxidative and Antimutagenic Potentials of Phytochemicals from *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *International Journal of Cancer Research* 5(3).

Isobe, K., Otsuka, S., Sudiana, I., Nurkanto, A., & Senoo, K. (2009). Community Composition of Soil Bacteria Nearly a Decade after a Fire in a Tropical Rainforest in East Kalimantan, Indonesia. *J. Gen. Appl. Microbiol*. 55: 329–37.

IUCN. (2013). IUCN *Red List of Threatened Species*. Version 2013.1. *www.iucnredlist.org.*

Jansen, P.C.M. (2006). *Coix lacryma-jobi* L. In Brink, M. & G. Belay(Eds.). PROTA 1: *Cereals and pulses/Céréales et légumes secs*. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Netherlands.

Johansson, M., Rasmen, K., & Merila, J. (2001). Comparison of Nitrat Tolerance between Different Population of Common Frogs, *Rana temporaria*. *Aquatic Toxicology* 54, 1–14.

Johnson, Tyler A., Sohn, J., Ward, A.E., Cohen, T.L., Lorig-Roach, N.D., Chen, H., Pilli, R.A., Widjaja, E.A., Hanafi, M., Kardono, L.B.S., Lotulung, P.D., Boundy-Mills, K., & Bjeldanes, L.F. (2013). Altholactone Exhibits Broad Spectrum Immune Modulating Activity by Inhibiting the Activation of Pro-Inflammatory Cytokines in RAW 264.7 Cell Lines. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 21: 4.358–4.364.

Jompa, J. (2013). Management Challenges of the Wallacea's Marine Resources in the Hart of Coral Triangle Region. *2nd Wallacea Symposium*. Wakatobi 10–13 November 2013.

Jung, J., S. Lee, Kozukue, N., Levin, C.E., & Friedman, M. (2011). Distribution of Phenolic Compounds and Antioxidative Activities in Parts of Sweet Potato(*Ipomoea batatas* L.) Plants and in Home Processed Roots. *Journal of Food Composition and Analysis* 24(1): 29–37.

Kadarsan, S., Djajasasmita, M., Martodihardjo, P., & Soemadikarta, S. (1994). *Satu Abad Museum Zoologi Bogor 1894–1994*. Museum Zoologi Bogor.

Kadi, A. (2004). Potensi Rumput Laut di Beberapa Perairan Pantai Indonesia. *Oseana* 29(4): 25–36.

Kahono, S., Erniwati, & Amir, M. (2005). Evaluasi Serangga Penyerbuk dan Penyerbukan di Jawa: Pemilihan Spesies Potensial sebagai Dasar Pengembangan Spesies dan Konservasinya. *Laporan Teknik Proyek Penelitian* Puslit Biologi LIPI.

Kahono, S., Erniwati, & Uji, T. (2009). Kajian Ekologi Lebah Sosial (Hymenoptera: Apidae: *Apis cerana* dan *Trigona laeviceps*) pada Tanaman Pertanian. *Laporan Akhir Penelitian Bidang Iptek* DIKTI-LIPI 2009.

Kahono, S., Lupiyaningdyah, P., Nugroho, H., & Erniwati. (2012). *Potensi dan Pemanfaatan Serangga Penyerbuk untuk Meningkatkan Produksi Kelapa Sawit di Perkebunan Kelapa Sawit Desa Api-Api, Kecamatan Sumur, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur*.

Kahono, S. (2001). Peranan dan Permasalahan Serangga Penyerbuk di Indonesia. *Fauna Indonesia* 5(2): 9–16.

Kahono, S. (2003). Diversity of Bees and Wasps Pollinators at Gunung Halimun National Park and Its Distributions in Indonesia. *Biodiversity Conservation Project*, Cooperation between JICA, RC for Biology-LIPI and PHKA.

Kardono, L.B.S. (2004). Developing Drugs and Pharmaceuticals Small and Medium Scale Enterprises: an Indonesian Case Study. *2nd International Symposium on Current Trend on Drug Discovery Research*, Lucknow, India, 17–20 February, 2004.

Kartamihardja, E.S. (2008). Perubahan Komposisi Komunitas Ikan dan Faktor-Faktor Penting yang Memengaruhi Selama Empat Puluh Tahun Umur Waduk Ir. Djuanda. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 8(2): 67–78.

Kartawinata, K. (2006). Enam Dasawarsa Penelitian Vegetasi Alami di Indonesia. Dalam S. Soemodihardjo & S.D. Sastrapradja (Eds.). *Enam Dasawarsa ilmu dan ilmuwan di Indonesia*. Bogor: Naturindo. Pp. 107–154.

Kartawinata, K., Purwaningsih, Partomihardjo, T., Yusuf, R., Abdulhadi, R., & Riswan, S. (2008). Floristics and Structure of a Lowland Dipterocarp Forest at Wanariset Samboja, East Kalimantan, Indonesia. *Reinwardtia* 12(4): 301–323.

Kartawinata, K. (2013). *Diversitas Ekosistem Alami Indonesia*. Ungkapan singkat dengan sajian foto dan gambar. Jakarta: LIPI Press bekerja sama dengan Yayasan Obor Indonesia

Kartikasari, S.N., Marshall, A.J., & Beehler, B.M. (2012). Ekologi Papua. *Seri Ekologi Indonesia. Jilid VI*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia dan Conservation International.

Karuniawan, A., Waluyo, B., Chandria, W., Maulana, H., & Rahmannisa, S.L. (2012). Pengelolaan dan Pemanfaatan Plasma Nutfah Ubi Jalar Lokal Jawa Barat. Makalah disampaikan pada *Seminar Bulanan Vivat Academia Unpad*, Bale Sawala Unpad, Jatinangor, 2 Agustus 2012.

Kasim, E., Astuti, S., dan Nurhidayat, N. (2005). Karakterisasi Pigmen dan Kadar Lovastatin Beberapa Isolat *Monascus purpureus*. *Biodiversitas* 6: 245–247.

Kementerian Kehutanan. (2012). *Country Report for the State of the World's Forest Genetic Resources: Indonesia 2011*. 53 pp.

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia & SEAMEO BIOTROP. (2003). *Penyebaran Jenis Tumbuhan Asing di Indonesia*.

Kementerian Pertanian. (2012). Rencana Kinerja Tahunan Kementerian Pertanian 2012. *http://www.pertanian.go.id/sakip/admin/data/RKT_KEMENTERIAN_PERTANIAN_2012.pdf*.

Kementerian Pertanian. (2013). *Daftar Varietas Holtikultura*. Direktorat Perbenihan Hortikultura. Direktorat Jenderal Hortikultura. 125 pp.

Kepmentan No. 4026/Kpts/OT.140/4/2013 tentang Penetapan Jenis Penyakit Hewan Menular Strategis.

Kementerian ESDM. (2013). *Data Dasar Gunungapi*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM. (*http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi*).

Khan, T.N. (1976). Papua New Guinea: A Centre of Genetic Diversity in Winged Bean (*Psophocarpus tetragonologus* (L.) Dc.). *Euphytica* 25(1): 693–705.

Khusniati, T., Choliq, A., & Rahayu, D.R. (2011). The Organoleptic and Physic Characteristics and Lactic Acid Contents of Yoghurt with Commercial Starter Added *Bifidobacteria bifidum*. *Berkala Penelitian Hayati* 17: 87–19.

Kious, W.J. & Tilling, R.I. (1996). *This Dynamic Earth: The Story of Plate Tectonics*. Online edition. U.S. Government Printing Office.

Kistinnah & Lestari, E.S. (2009). *Biologi 1: Makhluk Hidup dan Lingkungannya untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional. ISBN 978-979-068-129-3 (no. jilid lengkap)/ISBN 978-979-068-131-6.

Kitagawa, I., Mahmud, T., Simanjuntak, P., Hori, K., Uji, T., & Shibuya, H. (1994). Indonesian Medicinal Plants. VIII. Chemical Structure of Three New Triterpenoids, bruceajavanin A, dihydrobruceajavanin A and bruceajavanin B, and a New Alkaloidal Glycoside, bruceacanthinoside from the Stem of *Brucea javanica* (Simaroubaceae). *Chem. Pharm. Bull*. 42: 1.416–1.421.

Kitagawa, I., Mahmud, T., Yokota, K., Nakagawa, S., Mayumi, T., Kobayashi, M., & Shibuya, H. (1996). Indonesian Medicinal Plants. XVII. Characterization of quassinoids from the stems of *Quassia indica*. *Chem. Pharm. Bull*. 44: 2.009–2.014.

KKP. (2014). Dukungan Pengelolaan Sumber Daya Ikan yang Berkelanjutan dalam Mendukung Penyusunan RPJMN 2015–2019 Bidang Kehati, Kementerian Kelautan dan Perikanan , disampaikan dalam Workshop *Kehati Bappenas*, April 2014.

KLH. (2008). *Pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau*. Kementerian Lingkungan Hidup.

KLH. (2010). *Panduan Valuasi Ekonomi Ekosistem Danau*. Kementerian Lingkungan Hidup.

Kloppenburg-Versteegh, J. (1907). *Indische Planten en Haar Geneeskracht*. Semarang, Masman & Stroink. 175 pp.

Kloppenburg-Versteegh, J. (1911). *Wenken en raadgevingen betreffende het gebruik van Indische planten, vruchten enz. 2 vols*. Semarang, GCT van Dorp.

KNSGD. (2011). *http://www.indoplasma.or.id*.

Koike, K., Mitsunaga, K., & Ohmoto, T. (1990). New quassinoids from Indonesian Picrasma javanica. Structure of javanicins E, F, G and M. *Chem. Pharm. Bull*. 38: 2.746–2.749.

Komite Nasional Pengelolaan Ekosistem Lahan Basah. (2004). *Strategi Nasional dan Rencana Aksi Lahan Basah*. Komite Nasional Pengelolaan Ekosistem Lahan Basah

Konsorsium Nasional untuk Pelestarian Hutan Indonesia (Konphalindo). (1994). *Keanekaragaman Hayati di Indonesia*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup dan Konsorsium Nasional untuk Perlindungan Hutan dan Alam Indonesia.

Kotranas. (1996). *Kebijakan Obat Tradisional Nasional* Tahun 1996.

Kuriandewa, T.E., Kiswara, W., Hutomo, M., & Soemodihardjo, S. (2003). The Seagrass of Indonesia. In Green, E.P. & Short, F.T. (Eds.). *World Atlas of Seagrasses*. UNEP World Conservation Monitoring Center. University of California Press. Berkeley. xii + 298 pp.

Kurup, V.P. & Fink, J.N. (1975). A Scheme for the Identifikcation of Thermophilic Actionmycetes Associated with Hypersensitivity Pneumonitis. *J. Clininal Microbiol* 2(1): 55–61.

Kusmana, C. (2012). Management of Mangrove Ecosystem in Indonesia. *Workshop on Mangrove Re-plantation and Coastal Ecosystem Rehabilitation*, 7 February 2012, Faculty of Forestry Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia.

Kwo, E.H. & Kwo, I.H. (1968). Occurance of *Angiostrongylus cantonensis* in Rats in North Sumatra, Indonesia. *J. Par*. 54: 537.

Lagler, K.F., Bardach, & Miller, R.R. (1962). *Ichthyology*. Wiley International Edition. Singapore. 545 pp.

Lampiran Peraturan Menteri Pertanian No. 93/ Permentan/OT.140/12/2011

Larinier, M. (2001). Environmental Issues, Dams and Fish Migration. In: G. Marmulla(Ed.). *Dams, Fish and Fisheries. Oppotunities, Challenges and Conflict Resolution*. FAO Fisheries Technical Paper. ISBN 92-5-104694-8. *http://www.fao.org/3/a-y2785e/y2785e03.htm*

Latifah D., Purwantoro, R.S. & Solichin. (2001). Seed Germination Strategies of *Amorphophallus titanum* Becc. (Indonesian-Endemic Corpse Flower) in Various Substrates and Hormone GA3. *Widya Riset* 2: 135–145

Latiff, A. & Wong, M. (2003). A New Species of Rafflesia from Peninsular Malaysia. *Folia Malaysiana* 4: 135–146.

Lei, F., S. Tang, D. Zhao, X. Zhang, Z. Kou, & Y. Li. (2007). Characterization of H5N1 Influenza Viruses Isolated from Migratory Birds in Qinghai Province of China in 2006. *Avian Dis*. 51: 568–572.

Leimona, B., Munawir, & Ahmad, N.R. (2011). *Gagasan Kebijakan Konsep Jasa Lingkungan dan Pembayaran Jasa Lingkungan di Indonesia*. Bogor. RUPES- ICRAF.

Lewis, M.P. (Ed.). (2009). *Ethnologue: Languages of the World*. 16th Edition. Dallas, Tex. SIL International. Online version: *http://www.ethnologue.com/*

Li, X. & L. Qin. (2005). Metagenomics-Based Drug Discovery and Marine Microbial Diversity. *Trends Biotechnol*. 23: 539–543

Lilley, G.R. (1999). Buku Panduan Pendidikan Konservasi. *Terumbu Karang Indonesia*. Edisi I. Direktorat Jenderal Perlindungan dan Konservasi Alam, Natural Resources Management Program, USAID, Yayasan Pustaka Alam Nusantara dan The Nature Conservacy. 55 pp.

Linde, A.G. (2014). Algae for Biofeul Production. Linde AG. *Klosterofstrasse 1*. Germany. *http://www.the-linde-group.com/en/clean_technology/clean_technology_portfolio/ co2_applications/algae_to_biofuel/index.html*

Linløkken, A. (1993). Efficiency of Fishways and Impact of dams on the Migration of Grayling and Brown Trout in the Glomma River System, South-Eastern Norway. *Regulated Rivers: Research & Management 8'*(1–2): 145–153.

Lisdiyanti, P., Kawasaki, H., Seki, T., Yamada, Y., Uchimura, T., & Komagata, K. (2000). Systematic Study of the Genus Acetobacter with Descriptions of *Acetobacter indonesiensis* sp. nov., *Acetobacter tropicalis* sp. nov., *Acetobacter orleanensis* (Henneberg 1906) comb. nov., *Acetobacter lovaniensis* (Frateur 1950) comb. nov., and *Acetobacter estunensis* (Carr 1958) comb. nov. *The Journal of General and Applied Microbiology* 46(3): 147–165.

Lisdiyanti, P., Kawasaki, H., Seki, T., Yamada, Y., Uchimura, T., & Komagata, K. (2001). Identification of Acetobacter Strains Isolated from Indonesian Sources, and Proposals of *Acetobacter syzygii* sp. nov., *Acetobacter cibinongensis* sp. nov., and *Acetobacter orientalis* sp. nov. *The Journal of General and Applied Microbiology* 47(3): 119–131.

Lisdiyanti, P., Kawasaki, H., Widyastuti, Y., Saono, S., Seki, T., Yamada, Y., Uchimura, T. & Komagata, K. (2002). *Kozakia baliensis* gen. nov., sp. nov., a Novel Acetic Acid Bacterium in the Alpha-Proteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 52(3): 813–818.

Lisdiyanti, P., Otoguro, M., Ratnakomala, S., Lestari, Y., Hastuti, R.D., Triana, E., Katsuhiko, A., & Widyastuti, Y. (2010). *Actinokineospora baliensis* sp. nov., *Actinokineospora cibodasensis* sp. nov. and *Actinokineospora cianjurensis* sp. nov., Isolated from Soil and Plant Litter. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 60(10): 2.331–2.335.

Litchman, E. (2010). Invisible Invaders: Non-pathogenic Invasive Microbes in Aquatic and Terrestrial Ecosystems. *Ecol Lett.* 13(12):1560–72.

Lobovikov, M., Paudel, S., Piazza, M., Ren, H., & Wu, J. (2007). *World Bamboo Resources*. FAO, Rome.

Lubis, I. & Sastrapradja, S. (1980). Jenis-Jenis Solanum Indonesia dan Potensinya sebagai Bahan Kontrasepsi. Dalam Wulijarni-Soetjipto, N. & Rifai, M.A. *Risalah Simposium Penelitian Tumbuhan Obat II*: 7–9

MacDougall, Raymond. (2012). *NIH Human Microbiome Project Defines Normal Bacterial Makeup of The Body*. NIH. Retrieved 2012-09-20.

MacDougall, A.H., Avis, C.A., & Weaver, A.J. (2012). Significant Contribution to Climate Warming from The Permafrost Carbon Feedback. *Nature Geoscience*. 5: 719–721. doi:10.1038/ngeo1573.

MacKinnon, J., Phillips, K., & Balen, B.V. (1998). *Burung-burung di Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan (termasuk Sabah, Sarawak, Dan Brunei Darussalam)*. Puslit Biologi-LIPI & Birdlife-IP.

MacKinnon, K., Hatta, G., Halim, H., & Mangalik, A. (1996). The Ecology of Kalimantan, Indonesian Borneo. *The Ecology of Indonesia Series 111*. Periplus Editions. Singapore.

Macnally. TT. *http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/basmati/rice_genet_divers_mcnally_en.pdf)*

Maehara, S., Simanjuntak, P., Kitamura, C., Ohashi, K., & Shibuya, H. (2012). Bioproduction of *Cinchona* alkaloids by the Endophytic Fungus *Diaporthe* sp. associated with *Cinchona ledgeriana*. *Chem. Pharm. Bull*. 60(10): 1.301–1.304.

Magniez, G.J. & Rahmadi, C. (2006). A New Species of the Genus Stenasellus (Crustacea, Isopoda, Asellota, Stenasellidae). *Bull. mens. Soc. Linn. Lyon*. 75(4): 173.

Maharadatunkamsi & Maryati. (2008). Komunitas Mamalia Kecil di Berbagai Habitat pada Jalur Apuy dan Linggarjati Taman Nasional Gunung Ciremai. *Jurnal Biologi Indonesia* 4(5): 309–320.

Mani, M., Shivaraju, C., & Shylesha, A.N. (2012). Paracoccus Marginatus, an Invasive Mealybug of Papaya and its Biological Control - an overview. *Journal of Biological Control* 26(3): 201–216.

Martawijaya, S. & Montgomery, R.D. (2004). Bureaucrats as Entrepreneurs: a Case Study of Organic Rice Production in East Java. *B. Indones. Econ. Stud*. 40: 243–252.

Marwoto, R.M. & Sinthosari, A.M. (1999). Pengelolaan Koleksi Moluska. In Suhardjono, Y.R. (Ed.). *Buku Pegangan Pengelolaan Koleksi Spesimen Zoologi*. Balai Penelitian dan Pengembangan Zoologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi-LIPI. 218 pp.

Maryanto, I. & Saim, A. (1995). Kelimpahan dan Pola Pertumbuhan serta Parasit Rusa (*Cervus timorensis moluccensis*): di Das Bian, Merauke, Irian Jaya. (Population, Growth Pattern and Impact and Parasites of Deer (*Cervus timorensis molluccensis*): At Bian River Area, Merauke, Irian Jaya. *Zoo Indonesia*. No. 25.

Maryanto, I. (2009). Analisis Morfometri untuk Kajian Taksonomi, Ekologi dan Zoogeografi Tikus dan Kelelawar Indonesia. *Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Zoologi*. LIPI.

Maryanto, I. & Higashi, S. (2011). Comparison of Zoogeography among Indonesian Rats, Fruit Bats and Insectivorous Bats in Indonesia. *Treubia* 38: 33–52.

Maryanto, I., Roemantyo, & Noerdjito, M. (2012). *Profil Keanekaragaman Hayati Propinsi Sulawesi Barat*. KLH-BPLHD Sulbar-LIPI

Maryati, Kartono, A.P. & Maryanto, I. (2008). Kelelawar Pemakan Buah sebagai Polinator yang Diidentifikasi Melalui Polen yang Digunakan sebagai Sumber Pakannya di Kawasan Sektor Linggarjati, Taman Nasional Ciremai Jawa Barat. *Jurnal Biologi Indo* 4(5): 335–347.

Maskur. (2002). Program Pelestarian Plasma Nutfah Ikan-Ikan Perairan Umum. *J. Akuakultur Indonesia* 1(3): 139–144.

Mat-Saleh, K., Mahyuni, R., Susatya, A., & Velkamp, J.E. (2010). *Rafflesia lawangensis* (*Rafflesiaceae*), a new species from Bukit Lawang, Gunung Leuser National Park, North Sumatra, Indonesia. Reinwardtia 13(2): 159-165

Matsuda, H., Morikawa, T., Ninomiya, K., and Yoshikawa, M. (2001a). Absolute Stereostructure of Carabrane-Type Sesquiterpene and Vasorelaxant Active Sesquiterpenes

from Zedoariae Rhizoma. *Tetrahedron*, 57**:** 8.443–8.453.

Matsuda, H., Morikawa, T., Ninomiya, K., & Yoshikawa, M. (2001b). Absolute Stereostructures of Three New Carabrane-Type Sesquiterpenes, Curcumenolactones A, B, and C. *Bioorg, Med. Chem*. 9: 909–916.

Matsuda, H., Morikawa, T., Toguchida, I., Ninomiya, K., & Yoshikawa, M. (2001c). Medicinal Foodstuffs. XXVIII. Inhibitor of nitric oxide production and new sesquiterpenes, zedoarofuran, 4-epicurcumenol, neocurcumenol, gajutsulactone A and B, and zedoarolides A and B, from Zedoariae rhizome. *Chem. Pharm. Bull*. 49: 1.558-1.566.

Meijer W. (1997). *Rafflesiaceae***.** In: Kalkman, C. *et al.* (Eds.). *Flora Malesiana. Series 1. Seed Plants. Vol. 13*. Leiden: Rijksherbarium/ Hortus Botanicus pp. 1–42. - illus., col. illus.. ISBN 9071236331.

Menon, K.K. (1979). Rattan. A Statet of the Art Review. A Paper for Presentation the Workshop on *the Cultivation and Processing of Rattan in Asia* to be held in Singapore. June 1979: 12 hlm.

Metusala, D. (2013). (Preliminary) *E-book Checklist Anggrek Indonesia*. UPT BKT Kebun Raya Purwodadi-LIPI.

Miettinen, J., Chenghua, S., & Liew, S.C. (2011). Deforestation Rates in Insular Southeast Asia between 2000 and 2010. *Global Change Biology 17*: 2.261–2.270, doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02398.x

Miftahurracman, N.H. & Allorerung, D. (1996). Identification of Sago Species and Rehabilitation to Increase Productivity of Sago(*Metroxylon* spp.) in Irian Jaya. p. 179–186. In Jose, C. & Rasyad, A. (Eds.) Sago: The Future Sources of Food and Feed. *Proceeding of the Sixth Internation Sago Symposium*, Pekanbaru. Indonesia.

Miranda, C.A.C., Martins, O.B., & Clementino, M.M. (2008). Spesies-level identification of Bacillus strains isolates from marine sediments by conventional biochemical, 16S rRNA gene sequencing and intertRNA gene sequence lengths analysis. *Antonie Van Leeuwenhoek* 93: 297–304.

Mittermeier, R.A. & Mittermeier, E.G. (1997). *Megadiversity*. Cenex S.A. 501 hlm.

Miyamoto, S.E., Kohyama, T., Seino, T., Mirmanto, E. & Simbolon, H. (2003). Habitat differentiation among tree species with small-scale variation of humus depth and topography in a tropical heath forest of Central Kalimantan, Indonesia. *J. Trop Ecol*. 19: 1–13.

Moeskops, B., Sukristiyonubowob, Buchana, D., Sleutel, S., Herawaty, L., Husen, E., Saraswati, R., Setyorini, D., & De Neve, S. (2010). Soil microbial communities and activities under intensive organic and conventional vegetable farming in West Java, Indonesia. *Appl. Soil Ecol*. 45: 112–120.

Mogea, J.P. (1991). Indonesia: Palm Utilization and Conservation. WWF. Project 3325. Rotterdam-The Netherlands.

Mogea, J.P., Gandawidjaya, J., Wiriadinata, H., Nasution, R.E., & Irawati. (2001). *Tumbuhan Langka Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi-LIPI.

Molina, J., Sikora, M., Garud, N., Flowers, J.M., Rubinstein, S., Reynolds, A., Huang, P., Jackson, S., Schaal, B.A., Bustamante, C.D., Boyko, A.R., & Purugganan, M.D. (2011). Molecular evidence for a single evolutionary origin of domesticated rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(20): 8.351–8.356. doi: 10.1073/pnas.1104686108.

Moosa, M.K. (1984). *Udang karang*(*Panulirus* spp.) *dari Perairan Indonesia*. Proyek Studi Potensi Sumberdaya Alam Indonesia, Studi Potensi Sumberdaya Ikan. Lembaga Oseanologi Nasional. LIPI. Jakarta. 40p

Moosa, M.K. & Aswandy, I. (1984). *Hayati Ikan.*, Lembaga Oseanologi Nasional, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia,

Moran, J.A., Barker, M.G., Moran, A.J., & Becker, P. (2000). A comparison of the soil water, nutrient status, and litterfall characteristics of tropical heath and mixed-dipterocarp forest sites in Brunei. *Biotropica* 32: 2–13.

Moran, M.A., Rutherford, L.T., & Hodson, R.E. (1995). Evidence for indigenous Streptomyces populations in a marine environment determined with a 16S rRNA probe. *Appl. Environ. Microbiol*. 61(10): 3.695–3.700.

Morton, J. (1987). Mangosteen. In: Julia F. Morton, *Fruits of warm climates*. Miami, F.L. p. 301–304.

Mujiono, N. (2010). Siput dan slug(Gastropoda: Pulmonata) yang berpotensi sebagai hama pada pertanian di Jawa. *Berkala Ilmiah Biologi* 9(1): 17–25

Muladno, Zein, M.S.A., Jakaria, & Sri Sulandari. (2013). *Dinamika sumber daya genetika ternak lokal Indonesia dalam mengentas biodiversitas fauna Nusantara yang tertindas*. AIPI(Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia). Jakarta: Komisi Ilmu Pengetahuan Dasar Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia. Pp: 35–53.

Murdiyarso, D., van Noordwijk, M., Wasrin, U., Tomich, T., & Gillison, A. (2002). An environmental benefits and sustainable land use option in the Jambi transect, Sumatra, Indonesia. *J. Vegetation Sci*. 13(2): 429–438.

Murningsih, T., Subeki, Matsura, H., Takahashi, K., Yamasaki, M., Yamato, O., Maede, Y., Tatakura, K., Suzuki, M., Kobayashi, S., Chairul, & Yoshihara, T. (2005). Evaluation of the inhibitory activities of the extracts of Indonesian traditional medicinal plants against *Plasmodium falciparum* and *Babesia gibsoni*. *J. Vet. Med. Sci*. 67: 829–831.

Murniasih, T., Kosela, S., Kardono, L.B.S., & Priyono, W. (2013). Antibacterial Properties of *Rhodobacteracea bacterium* Sp.2.11 Isolated from Sponge *Aaptos aaptos* Collected from Barrang Lompo East Sulawesi. *Asian Journal of Biotechnology*. 5: 21–32.

Mursidawati, S., Latifah, D., Handini, E., Ngatari, and Riswati, M.K. (2006). Conservation Program of Rafflesia in Bogor Botanic Gardens. *Warta Kebun Raya* 6(1): 3–9.

Nagara. (2011). *http://pserg.wg.ugm.ac.id/article/read/41-membuat-biodiesel-dari tumbuhan-alga,* diakses 26 March 2011.

Nakamoto, A., Kinjo, K., & Izawa, M. (2009). The role of Orii's flying fox(Pteropus dasymallus inopinatus) as a pollinator and a seed disperser on Okinawa-jima Island, the Ryukyu Archipelago. Japan. *Ecol. Res*. 24: 405–414.

Nanthachai, S. (1994). *Durian: Fruit Development, Postharvest Physiology, Handling and Marketing in* ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, Malaysia

Nasution, R.E. (1991). A taxonomic study of the *Musa acuminata* Colla with its intraspecific taxa in Indonesia. *Memoirs of the Tokyo University of Agriculture* Vol 32.

Nasution, R.E. & Yamada, I. (2001). *Pisang-Pisang Liar di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi-LIPI. 48 pp.

National Disaster Management Authority. (2008). *National Disaster Management Guidelines—Management of Biological Disasters*. Government of India.

Nauman *et al*. (Eds.). (1991). *The Insect of Australia*. Melbourne University Press

Nees von Esenbeck, C.G. (1830). *Enumeration Plantarum Cryptogamicarum Javae et Insularem Adjacentium. I. Hepaticas Complectens*. Breslau.

Newman, D.J. & Cragg, G.M. (2007). Natural products as sources of new drugs over the last 25 years. *J. Nat. Prod*. 70: 461–477.

Nijman, V. (2001). Autumn migration of raptors on Java, Indonesia: composition, direction and behaviour. *Ibis* 143: 99–106.

Niken, T.M.P., Krisanti, M., Maryanto, I. (2010). *Indikator Kerusakan Ekosistem Perairan Darat*. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. viii + 72 hlm.

Noerdjito, M. & Maryanto, I. (2001). *Spesies-spesies Hayati yang Dilindungi Perundang-undangan Indonesia*. Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Bogor, The Nature Conservation & USAID.

Noerdjito, M. & Maryanto, I. (2005). *Kriteria Spesies Hayati yang Harus Dilindungi oleh dan untuk Masyarakat Indonesia*. Pusat Penelitian Biologi-LIPI & ICRAFT.

Noerdjito, M. (2005). Pola persarangan Curik Bali *Leucopstar rothschildi* Streseman, 1912 dan kerabatnya di Taman Nasional Bali Barat. *Berita Biologi* 7(2): 341–359

Noerdjito, M. & Mawardi, S. (2008). Kawasan Lindung Gunung Ciremai dan Kemungkinan Pengelolaannya. *Jurnal Biologi Indonesia.* 4(5): 289–308.

Nontji, A. (1987). *Laut Nusantara*. Jakarta: Jambatan. 368 pp.

Nontji, A. (1991). *Lakes and Reservoirs in Indonesia: the Utilization and Problems*. LIPI. Pp. 189–201.

Nontji, A. (1999). Coral Reefs of Indonesia: Past, Present and Future. Prosiding *Lokakarya Pengelolaan & Iptek Terumbu Karang*. Jakarta 22–23 November: 17–29.

Nordin, A. (1994). Chemical Elemental Characteristics of Biomass Fuels. *Biomass and Bioenergy*. 6: 339–347.

Novarianto, H. (2008). Plasma Nutfah Kelapa Terancam Hilang. *Tabloid Sinar Tani*: 5–11.

Novarianto, H., Miftahorrachman, Maskromo, I., & Mangindaan, H. (1996). Keragaman dan kemiripan tipe-tipe sagu, asalah Desa Kehiran, Kecamatan Sentani, Kabupaten Jayapura, Irian Jaya. *Jurnal Littri* 1(5): 227 – 239.

Nugroho, A.W. 2012. Pembangunan Plot Konservasi Genetic Ulin(*Eusideroxylon zwageri* Teijsm & Binnend) di Hutan Penelitian Kemampo, Sumatera Selatan. Prosiding *Seminar Nasional Plot Konservasi Genetik untuk Pelestarian Jenis-jenis Pohon Terancam Punah(Ulin, Eboni, dan Cempaka)*: 19–44. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi dan ITTO.

Nugroho, I. & Negara, P.D. (2008). Produk dan Jasa Ekowisata di Jawa Timur. *Teropong*, Balitbang Provinsi Jatim 38(Maret April 2008): 26–29.

Nurkanto, A. *et al*. (2012). Screening Antimicrobial Activity of Actinomycetes Isolated from Raja Ampat, West, Papua, Indonesia. *Jurnal Makara Sains.* 16(1) : 21–26.

Nurkanto, A. *et al*. (2013). Bacterial Response after Exposure with Pure Metabolite Produced by *Streptomyces* sp. BL225 Isolated from Batanta Island's Leaf Litter. *Microbiology Indonesia*. 7(1), 24.

O'Bryne, P. (1994). *Lowland Orchids of Papua New Guinea*. National parks Board, Singapore Botanic Gardens. 584 pp.

Ochse, J.J. & van den Brink, R.C.B. (1931). Fruits and Fruit Culture in the Dutch East Indies. *G. Kolff & Co, Batavia-C*. 180 pp.

Ochse, J.J. (1931). *Vegetables of the Dutch East Indies*. Archipel Drukkerij, Buitenzorg.

Odum, E.P. (1983). *Basic Ecology*. CBS College Publishing. USA.

Ogunmodede, B.K. & Oyenuga, V.A. (1969). Vitamin B Content of Cowpeas(*Vigna ungiculata*). *J.Sci.Fd.Agric*. 20: 101–103

Ohashi, K. *et al*. (2003). Indonesian Medicinal Plants. XXV.1 Cancer Cell Invasion Inhibitory Effects of Chemical Constituents in the Parasitic Plant *Scurrula atropurpurea*(Loranthaceae). *Chem. Pharm. Bull*. 51: 343–345.

Ohmura, Y. *et al*. (2009). Morphology and Chemistry of *Parmotrema tinctorum*(Parmeliaceae, Lichenized Ascomycota) Transplanted into Sites with Different Air Pollution Levels. *Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. B*. 35(2): 91–98.

Omernik, J.M. (2004). Perspectives on the nature and definition of ecological regions. *Environmental Management.* 34(Supplement 1): S27–S38.

Onrizal *et al*. (2005). Komposisi Jenis dan Struktur Hutan Kerangas Bekas Kebakaran di Taman Nasional Danau Sentarum, Kalimantan Barat [Species Composition and Structure of Ex-burned Heath Forest in Danau Sentarum National Park, West Kalimantan]. *Biodiversitas.* 6: 263–265.

Oosterbroek, P. (1998). The families of Diptera of the Malay Archipelago. *Fauna Malesiana Handbooks*, 1: ixii, 1–227, 214 figs. E.J. Brill, Leiden, etc. Hardback. [ISBN 90-04-11053-4; ISSN 1388-3895].

Overeem, C van & D van Overeem-de Haas. (1922). Verzeichn is der in Niederländisch Ost Indien bis dem Jahre 1920 gefunden en Myxomycetes, Fungi, und Lichens. *Bull. Jard. Buitenzorg* III. 4:88-89.

Pachiadaki, M.G. *et al*. (2010). Prokaryotic Community Structure and Diversity in the Sediments of An Active Submarine Mudvolcano(Kazan Mud volcano, East Mediterranean Sea). *FEMS Microbiol. Ecol*. 72: 429–444.

Page, S.E., Rieley, J.O., & Wüst, R. (2006). Lowland Tropical Peatlands of Southeast Asia. In Martini P, Martinez-Cortizas A & Chesworth W(Eds.). *Peatlands: Basin Evolution and Depository of Records on Global Environmental and Climatic Changes*. Elsevier, Amsterdam(Developments in Earth Surface Processes series). pp. 145–172

Partomihardjo, T. *et al*. (2001). *Penelitian Karakteristik Tipe-tipe Ekosistem Pulau Nusakambangan, Cilacap, Jawa Tengah.* Laporan Proyek Penelitian Pengembangan dan Pendayagunaan Biota Darat. Puslit Biologi-LIPI. Bogor. Tidak dipublikasikan.

Partomihardjo, T. & Prawiroatmodjo, S. (2003). *Kajian Vegetasi dan Flora di Lingkungan Beberapa Gua Terpilih di Kawasan Nusakambangan*. Laporan Teknik 2003 Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumber Daya Hayati. Puslit Biologi-LIPI. Bogor. Pp 379–385.

Partono, S. (2014). Kebutuhan Sarpras dan Pengelolaan Tahura serta Kawasan Ekosistem Esensal di Luar KSA & KPA. Disampaikan dalam *Kegiatan Sosialisasi Petunjuk Teknis DAL Bidang Kehutanan tahun 2014*. Jakarta. 6 Februari 2014.

Patantis, G. *et al*. (2012). Bacterial Diversity of the Deep Sea of Sangihe Talaud, Sulawesi. *Squalen*. 7(1): 19–27.

Pearson, D.L. (1994). Selecting Indicator Taxa for the Quantitative Assessment of Biodiversity. *Philosohical Transaction of the Royal Society of London Series B.* 345: 75–79.

Peters, D. (2008). *Assessment of the Potential of Sweetpotato as Livestock Feed in East Africa: Rwanda, Uganda, and Kenya*.

Petrova, D. & Vlahov, S. 2007. Taxonomic Characterization of the Thermophilic Actinomycete Strain 21e–Producer of Thermostable Collagenase. *J. of Culture Collections*. 5: 3–9.

Pholprasith, S. & Sirimongkonthaworn, R. (1999). The Fish Community of Ubolratana Reservoir Thailand. In Van Densen, M.L.T. & Morris, M.J. (Eds.). *Fish and fisheries of Lakes and Reservoirs in Southeast Asia and Africa*. Otley: Westbury Academic & Scientific Publishing. Pp. 103–115.

Phupaibul, P. *et al*. (2002). Evaluation of Environmental Impact of the Raised-bed-dike(Rong Chin) System along the Tha Chin River in Suphan Buri-Nakkhon Pathom Provinces, Thailand. *Soil Sci. Plant Nutr*. 48: 641–649.

PKT Kebun Raya-LIPI. (2014). *Perkembangan Pembangunan Kebun Raya Daerah di Indonesia*. Bidang Pengembangan Kawasan Konservasi Tumbuhan *Ex Situ*. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya-LIPI.

Poerba, Y.S. (2007). Studi Keragaman Genetik Pulai [*Alstonia scholaris*(L) R. Br.] Berdasarkan Marka Random Amplified Polymorhic DNA. *Berita Biologi.* 8(5): 353–363.

Poerba, Y.S., Wawo, A.H., & Yulita, K.S. (2007). Keragaman Fenotipe RAPD Santalum Album L. di Pulau Timor Bagian Timur. *Berita Biologi.* 8(6): 525–534.

Poerba, Y.S. & Ahmad, F. (2010a). Keragaman Genetik Kultivar Pisang Diploid(AA) Koleksi Cibinong Science Center Berdasarkan Marka RAPD dan ISSR. *Biota*. 15(3): 308–315.

Poerba, Y.S. & Ahmad, F. (2010b). Genetic Variability among 18 Cultivars of Cooking Bananas and Plantain by RAPD and ISSR Markers. *Biodiversitas*. 11(3): 118–123.

Poerba, Y.S., Ahmad, F., & Witjaksono. (2012). Persilangan Pisang Liar *Diploid Musa acuminata* Colla var. *malaccensis*(Ridl.) Nasution sebagai Sumber Polen dengan Pisang Madu Tetraploid. *Jurnal Biologi Indonesia.* 8(1): 181–196.

Poerba, Y.S., Ahmad, F., & Witjaksono. (2013). Analisis Keragaman Genetik Musa balbisiana Berdasarkan Marka RAPD dan ISSR. *Berita Biologi*, 12(12): 259–267.

Poerba, Y.S., Ahmad, F., & Witjaksono. (2014). *Molecular Assessment of Wild and Cultivated Musa acuminata from Indonesia Using ISSR Markers* (In press).

Poudel, D.D., Midmore, D.J., & Hargrove, W.L. (1998). An Analysis of Commercial Vegetable Farms in Relation to Sustainability in the Uplands of Southeast Asia. *Agr. Syst*. 58: 107–128.

Pusat Penelitian Kelapa Sawit. (2007). Sumber benih kelapa sawit yang sudah dirilis. *http://duniakebun.blogspot.com/search/label/Kelapa%20Sawit*

Prakarsa, T.B. & Riswandi, H. (2012). Keanekaragaman Kelelawar Penghuni Gua di Kawasan Karst Jonggrangan dan Karst Gunungsewu. Prosiding *Workshop Ekosistem Karst*, Yogyakarta 18–19 2011. LIPI, BKSDA Yogyakarta dan Yayasan Kanopi Indonesia: 148–155.

Prashar, P., Kapoor, N., & Sachdeva, S. (2014). Rhizosphere: Its Structure, Bacterial Diversity and Significance. *Rev Environ Sci Biotechnol.* 13: 63–77.

Pratiwi, R. (2006). Biota Laut: I. Bagaimana Mengenal Biota Laut? *Oseana*. 31(1): 27–38.

Pratiwi, N.T.M. *et al*. (2010). *Ayo Kenali Kualitas Air Sungai di Sekitarmu*. Puslit Biologi LIPI & MSPFPIK IPB.

Pratomo, I. (2008). Kegiatan Gunung Api Ciremai (Jawa Barat) dan Pengaruhnya terhadap Lingkungan di Sekitarnya. *Jurnal Biologi Indonesia.* 4(5): 261–278.

Prawiradilaga, D.M. *et al*. (2010). *Kajian Potensi Infeksi Virus Avian Influenza pada Burung Liar dan Burung yang Diperdagangkan*. Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI tahun 2010. Pusat Penelitian Biologi-LIPI. Bogor.

Prawiradilaga, D.M. (2010). *Forming of Regional Network for Surveillance and Monitoring of Avian Influenza Viruses in Migratory Birds*. Final Technical Report Project 1031190-003. Research Centre for Biology-LIPI and IDRC, Canada. Bogor.

Prihatman K. (2000). Sistem Informasi Manajemen Pembangunan di Perdesaan, Proyek PEMD, Bappenas. *Ubi jalar/ketela rambat*. Kantor Deputi Menristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.

Purnomo, D.W. *et al*. (2010). Pencapaian Kebun Raya Indonesia dalam Target 8 Global Strategy for Plant Conservation(GSPC). *Buletin Kebun Raya.* 13(2): 40–50.

Purnomo, D.W. *et al*. (2013). Pengelolaan Koleksi Kebun Raya dalam Kerangka Strategi Konservasi Tumbuhan Indonesia. Prosiding *Ekspose dan Seminar Pembangunan Kebun Raya Daerah*. Kebun Raya Bogor 24–25 November 2013. *In press*.

Purwaningsih, E. (2003). Variasi Morfologi dan Spesies Inang dari *Cyclodontostomum purvisi* (Adam, 1933)(Nematoda: Strongyloidea) di Indonesia. *Biota VIII.* (5): 97–100.

Purwaningsih, E. et al. (2003). The Parasitic Helminths of Small Mammals in Bukit Bangkirai, East Kalimantan. Prosiding *International Symposium on Forest Fire and Its Impact on Biodiversity and Ecosystems in Indonesia*. 22–24 Januari. Puncak, Bogor, Indonesia.

Purwaningsih, Yusuf, R., & Riswan, S. (2001). Pohon Penghasil Buah di Hutan Riam Durian, Kotawaringin Lama-Kalimantan Tengah. Prosiding *Seminar Sehari Hari Cinta Puspa dan Satwa Nasional: Menggali Potensi dan Meningkatkan Prospek Tanaman Hortikultura Menuju Ketahanan Pangan*. Bogor, 5 November 2000. Pusat Konservasi Tumbuan Kebun Raya Bogor-LIPI: 134–142.

Puslit Biologi LIPI & MSP-FPIK-IPB. 2010. *Ayo Kenali Kualitas Air Sungai di Sekitarmu*. (Leaflet).

Qosim, W.A. *et al*. 2013. Pengaruh pupuk NPK terhadap karakter pertumbuhan dan hasil empat genotip hanjeli (*Coix lacryma jobi* L.). *Jurnal Pangan* 22(2): 113–118.

Quirke, D. *et al*. (2003). Effects of Globalisation and Economic Development on the Asian Livestock Sector. ACIAR *Monograph Series 97e*. Canberra: Australian Centre for International Agriculture Resarch.

Raaijmakers, J.M., Vlami, M., & de Souza, J.T. (2002). Antibiotic Production by Bacterial Biocontrol Agents. *Antonie Van Leeuwenhoek.* 81: 537–547.

Rachmaniah. (2010). Pemilihan Metode Ekstraksi Minyak Alga dari *Chlorella pyrenoidosa* dan Prediksinya sebagai Biodiesel, dipresentasikan pada *Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo*, ITS Surabaya.

Rachmat, R. (2007). Spons Indonesia Kawasan Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia.* 33: 123–38.

Rahajoe, J.S. (2003). The Role of Litter Production and Decomposition of Dominant Tree Species on the Nutrient Cycles in Natural Forests with Substrate Conditions. *Doctoral Dissertation*. Hokkaido University. Japan.

Rahajoe, J.S. Alhamd, L., Pratama, B.A., Shiodera, S., & Kohyama, T. 2014. *Floristic Diversity in The Peatland Ecosystems of Central Kalimantan*. Bagian dari buku Chapter 12. *Inprep*.

Rahayu, M., Sunarti, S., & Prawiroatmodjo, S. (2004). *Tumbuhan Obat Pulau Wowonii Sulawesi Tenggara*. Pusat Penelitian Biologi-LIPI. 88 pp.

Rahayu, R.D., Sulistyo, J., & Dinoto, A. (2008). Enzymatic Properties of Microbial Solid Starters on Coconut oil Recovery. Proceeding *International Seminar on Chemistry* pp. 679–686.

Rahmadi, C. & Y.R. Suhardjono. (2003). *Arthropoda Gua di Nusakambangan Cilacap, Jawa Tengah: Prospek dan Ancaman Kelestarian*. Laporan Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumber Daya Hayati. Pusat penelitian Biologi-LIPI. Bogor.

Rahmadi, C. & Harvey, M.S. (2008). A First Epigean Species of Stygophrynus Kraepelin (Amblypygi: Charontidae) from Java and Adjacent Islands, Indonesia with Notes on *S. dammermani* Roewer, 1928. *Raffles Bulletin of Zoology*. 56(2): 281–288.

Rahmadi, C. & Kojima, J. (2010). Whip Spiders of the Genus Sarax in the Papuan Region, with Description of Two New Species (Amblypygi, Charinidae). *Journal of Arachnology*. 38(3): 475–484.

Rahmadi, C., Harvey, M.S., & Kojima, J. (2010). Whip Spiders of the Genus Sarax Simon, 1892 (Amblypygi, Charinidae) from Borneo Island. *Zootaxa.* 2612: 1–21.

Rahmani, N. *et al*. (2013). Production of Maltooligosaccharides from Black Potato (*Coleus tuberosus*) Starch by α-amylase from A Marine Bacterium (*Brevibacterium* sp.). *Microbiology Indonesia.* 7: 129–136.

Rahmannisa, S.L., Waluyo, B., & Karuniawan, A. (2011). *Keragaman Varietas Ubi Jalar Asal Desa Cilembu Berdasarkan Karakter Kuantitatif di Daerah Jatinangor*. Makalah pada *Seminar Nasional Hortikultura 2011: Kemandirian Produk Hortikultura untuk Memenuhi Pasar Domestik dan Ekspor*. Kerja sama Perhimpunan Hortikultura Indonesia (Perhorti), Institut Pertanian Bogor (IPB) dan Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa), Lembang, Bandung Barat 23–24 November 2011.

Rasplus, J.Y. (2007). Figs and fig wasps. In Deharveng, L. *Project Report Zoological Investigation in the Karts of South and Southeast Sulawesi*, 10 August–10 October 2007: 12–13.

Rautner, M., Hardiono, M. & Alfred, R.J. (2002). *Borneo: Treasure Island at Risk: Status of Forest, Wildlife and Related Threats on the Island of Borneo*. World Wildlife Fund, Germany. 78 pp.

Reinwardt, C., Blume, C., & von Esenbeck, C.G.N. (1824). Hepaticae Javanicae. *Nova Acta Phys.-med. Academiae Caesareo-Leopoldinae Carolinae Naturae Curiosorum*. 12: 183–227.

Reksohadiprodjo, B.S. (2000). *Ekonomi Lingkungan*. BPFE. 2nd ed. Yogyakarta

Renstra Dit. PJLKKHL 2010–2014. Direktorat Pemanfaatan Jasa Lingkungan Kawasan Konservasi dan Hutan Lingkungan. Kementerian Kehutanan

Rerkasem, B. (2005). Transforming Subsistence Cropping in Asia. *Plant Prod. Sci*. 8: 275–287.

research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia. (2014).

Riady, M. (2005). Upaya Pengembangan Industri Peternakan Nasional Bebas dari Penyakit-Penyakit Strategis. Prosiding *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, pp. 3–9. Bogor, 12–13 September 2005. Puslitbang Peternakan.

Richards, P.W. 1996. *The Tropical Rain Forest: An Ecological Study*. 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 575 pp.

Richter, D.D. & Markewitz, D. (1995). How Deep Is Soil?. *Bioscience.* 45: 600–609.

Rieley, J. (1992). The Ecology on Tropical Peatswamp Forest: A Southeast Asian Perspective. In Aminudin, B.Y., Tan, S.L., Aziz, B., Samy, J., Salmah, Z., Siti Petimah, H., & Choo, S.T. (Eds.). *Tropical Peat*. *Proceeding of the International Symphosium on Tropical Peat land*. Mardi. Malaysia.

Rieley, J.O., Ahmad-Shah, A.A., & Brady, M.A. (1996). The Extent and Nature of Tropical Peat Swamps. In Maltby, E., Immirzi, C.P., & Safford, R.J. (Eds.). *Tropical Lowland Peatlands of Southeast Asia*. IUCN, Gland, Switzerland: 17–53

Rifai, M.A. (1975). *Extreaordinary Uses of Orchids in Indonesia*. LIPI. Bogor.

Rifai, M.A. (2004). *Kamus Biologi*. Jakarta: Balai Pustaka. 512 pp.

Rimbawanto, A., Widyamoko, A.Y.P.B.C., & Harkingto. (2006). Keragaman Populasi Eusideroxylon zwageri Kalimantan Timur Berdasarkan Penanda RAPD. *Jurnal Penelitian Tanaman Hutan*. 3(3): 201–208.

Risna, R.A. *et al*. (2010). *Spesies Prioritas untuk Konservasi Tumbuhan Indonesia, Seri I: Arecaceae, Cyatheaceae, Nepenthaceae, Orchidaceae*. Jakarta: LIPI Press.

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(2): 171–182.

Riswan, S., Noerdjito, M., & Ismail. (2006). Vegetasi Hutan Karst: Kasus Kawasan Karst Gombong Selatan-Ayah-Kebumen, Jawa Tengah. In Maryanto, I., Noerdjito, M., &

Ubaidillah, R. (Eds.). *Manajemen Bioregional: Karst, Masalah dan Pemecahannya, Dilengkapi Kasus Jabodetabek*. Pp. 111–222.

Roderick, B.M. & Bert, H.B. (2001). Biodiversity Loss in Sumatra, Indonesia. Vegetation Fires: Cause or Symptom? *Proceedings on the Workshop on Minimizing the Impact of Forest Fire on Biodiversity in* ASEAN: 20–25.

Rodrigues *et al*. (2013). Conversion of the Amazon Rainforest to Agriculture Results in Biotic Homogenization of Soil Bacterial Communities. *PNAS*. 110(3): 988–993.

Roemantyo, Noerdjito, M., & Maryanto, I. (2010). *Key Stone Species Indonesia*. Kementerian Lingkungan Hidup.

Romimohtarto, K. & Juwana, S. (1999). *Biologi Laut. Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI. Jakarta. 527 pp.

Roubik, D.W. (1989). *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. Cambridge University Press.

Ruiz, M.E., Lorazo, E., & Ruiz, A. (1981). Utilization of Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) in Animal Feeding III. Addition of Various Levels of Root and Urea to Sweet Potato Forage Silage. *Trop. Anim. Prod*. 6(3): 234–244.

Rustiami, H., Setyowati, F.M., Kartawinata, K. (2004). Taxonomy and Uses of *Daemonorops draco* (Willd.) Blume. *Journal of Tropical Etnobiology*. 1: 65–75.

Rustinsyah. (2010). Perubahan Ekosistem di Lahan Kering. *Jurnal Masyarakat Kebudayaan dan Politik*. 21(4): 306–317.

Saim & Purwaningsih, E. (1999). Pola Kandungan Parasitik pada Tikus Liar di Pulau Siberut, Sumatera Barat. *Maj. Parasit. Indonesia*. 12(1–2): 49–60.

Salas, L.A. *et al*. (2005). Biodiversity, Endemism and the Conservation of Limestone Karst in the Sangkulirang Peninsula, Borneo. *Biodiversity*. 6(2): 15–23.

Samodra, H. (2001). *Nilai Strategis Kawasan Karst di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Publikasi Khusus No. 25: 318 pp.

Santoso, J. (2012). *1001 Manfaat durian untuk kesehatan*. *http://balibu.litbang.deptan.go.id/ind/index.php/berita-mainmenu-26/13-infoo-aktual/339-1001*

Saputro, G.B. *et al*. (Eds.). (2009). *Peta Mangroves Indonesia*. Pusat Survei Sumber Daya Alam Laut, Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. 329 pp.

Sartika, T., Sulandari, S., & Zein, M.S.A. (2011). Selection of MX Gene Genotypes Genetic Marker for Avian Influenza Resistance in Indonesia Native Chicken. *BMC Proceeding* (2011) 5(Suppl 4): S37. Available at: *www.biomedcentral.com/1753-6561/5/S4/S37*.

Saskiawan, I. (2009). Exopolusaccharide Productionand Its Bioactivities of the Edible *Pleurotus ostreatus* in Submerged Culture. *Biotropia J*. 16: 96–104.

Sastrapradja, S.D. (2005). Conservation of Trees and Plants at the Village Level in Indonesia. *Biodiversity*. 6(1):13–16.

Sastrapradja, S. & Widjaja, E.A. (2010). *Keanekaragaman Hayati Pertanian Menjamin Kedaulatan Pangan*. LIPI Press. 70 hlm.

Saulović, Đ., Biočanin, R., & Rodriguez, B. (2007). Bioindicators in Human Environment. *Zbornik radova Tehnološkog fakulteta, Leskovac*. (18): 140–147. Akses online di *http://www.tf.ni.ac.rs/casopis/zbornik18/15.pdf* dan *http://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0352-65420718140S* (dalam bahasa Rusia)

Schneider, J. *et al*. (1993). *Sweet Potato in the Baliem Valley Area, Irian Jaya*. International Potato Center, Bogor.

Scurlock, J.M.O., Dayton, D.C., & Hames, B. (2000). *Bamboo, An Overlooked biomass?* Report by Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee (USA). Environmental Sciences Division Publication No. 4963.

Sedyaningsih, E.R. *et al*. (2007). Epidemiology of Cases of H5N1 Virus Infection in Indonesia, July 2005–June 2006. *J. Infect Dis*. 196: 522–527.

Seidensticker, J., Christie, S., & Jackson, P. (1999). Menunggang Harimau. *Pelestarian Harimau di Lingkungan yang di Dominasi Manusia*. Cambridge University Press.

Sembiring, N.S. & Husbani, F. (1999). *Kajian Hukum dan Kebijakan Pengelolaan Kawasan Konservasi di Indonesia Menuju Pengembangan Desentralisasi dan Pengembangan Masyarakat*. Jakarta: Lembaga Pengembangan Hukum Lingkungan Hidup.

Sendow, I. *et al*. (2008). Seroepideologi Nipah Virus pada Kalong dan Ternak Babi di Beberapa Wilayah di Indonesia. *J. Biologi Indonesia*. 5 pp. 535–544.

Sendow, I., Field, H., Ratnawati, A., Adjid, R.M.A., Saepulloh, M., Breed, A., Morrissy, C., & Daniels, P. (2013). Status Infeksi Virus Hendra pada Kalong (*Pteropus* spp.) di Pontianak, Kalimantan Barat dan Menado, Sulawesi Utara. *J. Biologi. Indonesia*. 9(1): 31–38

Seo, B.S. *et al*. (1968). Studies on the Parasitic Helminths of Korea III. Nematodas and Cestodes of Rodents. *The Korean Journal of Parasitology*. 6(3): 123–131.

Setyawati, I. (2003). Biodiversity and Traditional Knowledge: Rice Vareties Among the Leppo' Ke of Apau Ping. In Eghenter, C., Sellato, B., & Devung, G.S. (2003). *Social Science Research and Conservation Management in the Interior Borneo: Unravelling Past and Present Interaction of People and Forests*. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. Pp 35–48.

Setyawati, T. & Soekisman. (2013). Invasive Plant Species Risk Management for Forestry Sector in Indonesia. Dalam Langi, M., Tasirin, J.S., Walangitan, H.J., Masson, G. *Forest and Biodiversity*. Proceeding International Conference. Manado 5–6 July 2013. Pp. 223–235.

Setyawati, T. (2013). Ancaman Jenis Asing Invasive di Kawasan Hutan Indonesia. *Jambore Penyuluhan Kehutanan*. Yogyakarta 15–18 Mei 2013. Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi Badan Litbang Kehutanan. Kementerian Kehutanan (*http://www.fordamof.org/files/ANCAMAN_IAS_GELTEK_JOGYA_2013.pdf*)

Shekelle, M. & Leksono, S.M. (2004). Rencana Konservasi Pulau Sulawesi dengan Menggunakan Tarsius sebagai Flagship Taxon. *Biota*. 9(1): 1–10.

Shekelle, M., Maryanto, I., Groves, C., Schulze, H., Fitch-Snyder, H. (2008). *Primates Of The Oriental Night*. Research Centre for Biology, The Indonesian Institute of Sciences and The Indonesian Biological Society. 143p

Sidiyasa, K. *et al*. (2010). *Panduan Identifikasi Jenis-Jenis Ramin* (*Gonystylus* spp.) *di Indonesia*. ITTO Project Bekerja sama dengan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Kementerian Kehutanan.

Siemonsma, J.S. & Piluek, K. (Eds.). (1993). *Plant Resources of Vegetables*. Wageningen: PUdoc–DLO.

SIGit (Sistem Informasi Registrasi Kebun Raya). (2014). *Tanaman Koleksi Kebun Raya Daerah*. Database Subbidang Registrasi Koleksi, Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor-LIPI. Bogor.

Silvius, M.J. *et al*. (1987). *The Indonesian Wetland Inventory: A Preliminary Compilation of Information on Wetlands of Indonesia*. PHPA-AWB/ Interweder& Edwin, Indonesia

Silvius, M.J. (1989). Indonesia. In DA Scott (Ed.). *A Directory of Asian Wetlands*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, 981–1.109.

Simmonds, N.W. (196)2. *The Evolution of Bananas*. London: Longmans.

Simmonds, N.W. & K. Shepherd. 1955. The Taxonomy and Origins of the Cultivated Bananas. *Linnean Society Botanical J*. 55: 302–312.

Simon, E. *et al.* (2011). Frogs and Toads as Biological Indicators in Environmntal Assesment. In *Frogs: Biology, Ecology and Uses*. Nova Sciences Publisher, Inc.

Sirappa, M.P. (2002). Penentuan Batas Kritis dan Dosis Pemupukan N untuk Tanaman Jagung di Lahan Kering pada Tanah Typic Usthorthents. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 3(2): 25–37.

Siregar, C. & Tjitrosoedirdjo, S. (1999). *Acacia nilotica* Invasion in Baluran National Park, East Java, Indonesia. *Biotrop Spec. Publ*. No. 61.

Siregar, E.B.M. (2005). *Potensi Palem Indonesia*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Sjamsuridzal, W. *et al.* (2008). *Forkomikro Catalogue of Cultures of Indonesian Microorganisms*. Communication Forum of Indonesian Culture Collection Currators. Jakarta.

Söderström, L., Gradstein, & Hagborg, A. (2010). Checklist of the Hornworts and Liverworts of Java. *Phytotaxa*. 9: 53–149.

Soedjito, H. (1991). Environmental Knowledge and Biological Diversity in East Kalimantan. In Seitel, P. (Ed.). *Festival of American Folklife: Forests, Fields and Sea: Folklife in Indonesia*.

The Smithsonian Institution, Washington DC. Pp. 65–68.

Soedjito, H. (1996). *Masyarakat Dayak: Peladang Berpindah dan Pelestari Plasma Nutfah*. Jakarta: Konphalindo.

Soedjito, H. (2005). *Apo Kayan: Sebongkah Sorga di Tanah Kenyah*. Himpunan Ekologi Indonesia, Bogor, ISBN 9-793-68840-8.

Soedjito, H. (2009). Tanah Ulen dan Konsep Situs Keramat Alami Studi Kasus di Desa Setulang, Kabupaten Malinau, Kalimantan Timur. In *Budaya dalam Konservasi Keanekaragaman Hayati*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, Komite Nasional MAB Indonesia & Conservation International Indonesia. Pp. 267–280.

Soedjito, H. 2014. Shifting Cultivators, Curators of Forests and Conservators of Biodiversity: The Dayak of East Kalimantan, Indonesia. In Cairns, M. (Ed.). *A Growing Forest of Voices: An Ancient Farming Practice Responds to A Changing World*. Earthscan Press. the U.K. *In press*.

Soegiharto, S., Kartono, A.P., & Maryanto, I. (2010). Pengelompokan Kelelawar Pemakan Buah dan Nektar Berdasarkan Karakteristik Spesies Pakan Polen di Kebun Raya Bogor, Indonesi. *Jurnal Biologi Indonesia* 6(2): 225–236.

Soejarto, D.D. (1991). Why Do Medicinal Sciences Need Tropical Rain Forests. *Trans Illinois State Acad.Sci*. 84: 65.

Soemarwoto, O. (1979). *Interrelation Among Population, Resources, Environment and Development Life Style in Asia and the Pacific*. Bangkok, 14–18 August 1979.

Soerianegara, I.E.N, Sambas, Martawijaya, A., Sudo, S., & Groen, L.E. (1993). Gonystylus Teijsman & Binned. In Soerianegara, I. & Lemmens, R.H.M.J. (Eds.). Plant Resources of South-East Asia No. 5(1)–Timber Trees: Major Commercial Timber, 221–220. Pudoc Scientific Publisher, Wageningen.

Soerianegara, I.E.N. & Lemmens, R.H.M.J. (Eds.). (1994). PROSEA. *Plant Resources of South East Asia.* 5(1) Timber Trees. Major commercial timbers. PROSEA, Bogor.

Song, J. *et al.* (2001). Phylogenetic Diversity of *Thermophilic actinomycetes* and *Thermoactino mycetes* spp. Isolated from Mushroom Composts in Korea Based on 16S rRNA Gene Sequence Analysis. *FEMS Microbiology Letters.* 202: 97–102.

Souhoka, J. (2006). Sebaran dan Kondisi Karang Batu (*Hard Coral*) di Perairan Tanjung Merah Bitung, Sulawesi Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia.* 33: 393–411.

Sözer,, R., Nijman, V., Balen, S. van, Setiawan, I., Prawiradilaga, D.M., and Subijanto, J. 1998. Rencana Pemulihan Elang Jawa/Javan Hawk-Eagle Recovery, Recovery Plan. KMNLH/PHPA/LIPI/BirdLife International Indonesia Programme, Bogor, Indonesia.

Spalding, M., Ravilious, C., & Green, E.P. (2001). *World Atlas of Coral Reefs*. University of California Press, Berkeley. Information provided by Reef Base-A Global Information System: Indonesia: Threat-Human. *http://www.reefbase.org*

Stamets, P. (1996). *Psiolocybin Muschrooms Of The World*. Ten speed Press. California. 245 pp.

Stoddard, S. (1985). Anglo-Australian Speleological Expedition to Java 1984. *Cave Science.* 12(2): 49–60

Stoops, A.C. *et al.* (2006). H5N1 Surveillance in Migratory Birds in Java, Indonesia. *Vectorborne and Zoonotic Disease*: 1–8.

Stover, R.H. & Simmonds, N.W. (1987). *Bananas*. Third Edition. Longman, London.

Suda, I. *et al.* (2003). Physiological Functionality of Purple-fleshed Sweet Potatoes Containing Anthocyanins and Their Utilization in Foods. *JARQ.* 37(3): 167–173.

Sudarmono *et al.* (2014). Flower of Giant Corpse Flower (*Amorphophallus titanium* (Becc.) Becc. ex Arcang.), Viability and Pollination in Bogor Botanic Gardens. Proceeding *The 2nd International Conference of Indonesia Forestry Researchers*, Jakarta, 27–28 August 2013.

Sudibyo, R.B. (2006). *Ramuan Tradisional Ala Eyang Broto.Penebar Swadaya*. Jakarta. Hlm. 5–7

Suhardjono, Y.R. *et al.* 2003. *The Effect of Human Impact to Cave and Karst Biodiversity: Indonesian Component, Maros Case Study*. ARCBC Regional Research Grant Conference 1–5 Desember 2003, Bangkok, Thailand.

Suhardjono, Y.R. & Rahmadi, C. (2005). *Studi Speleologi di Pegunungan Muller*. Seminar Pegunungan Muller 15 Desember 2005.

Pusat Konservasi Tumbuhan-Kebun Raya Bogor-LIPI.

Suhardjono, Y.R. & Ubaidillah, R. (Eds.). (2012). *Fauna Karst dan Gua Maros, Sulawesi Selatan*. Cibinong: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 258pp.

Suhardjono, Y.R. *et al*. (2012). Karst dan Gua. In Suhardjono, Y.R. & Ubaidillah, R. (Eds.). *Fauna Karst dan Gua Maros, Sulawesi Selatan*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia: 13–51.

Suhardjono, Y.R., Deharveng, L., & Bedos, A. (2012). *Biologi, Ekologi, Klasifikasi Collembola (Ekorpegas)*. Vegamedia, Bogor. 329 hal.

Suharna, N., Kikuchi, Y., & Fukatsu, T. (2005). Molecular Phylogenetic Analysis of Monascus Fungi Based on Internal Transcribed Spacer Region. *Biotropia*. 24: 62–68.

Suharsono. (2014). *Biodiversitas Biota Laut Indonesia*. Puslit Oseanografi-LIPI.

Sukara, E. (2003). *Keanekaragaman Hayati (Emas Hijau), Alternatif bagi Indonesia Keluar dari Krisis Multidimensi*. Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Cibinong.

Sukarno *et al*. (2009). Lecanicillium and Verticillium Species from Indonesia and Japan Including Three New Species. *Mycoscience*. 50(5): 369–379.

Sukmantoro, W. *et al*. (2007). *Daftar Burung Indonesia No. 2*. Indonesian Ornithologists' Union. Bogor.

Sukojo, B.M. (2003). Pemetaan Ekosistem di Wilayah Gunung Bromo dengan Teknologi Penginderaan Jauh. *Makara Teknologi*. 7(2): 63–72.

Sulistyo, J. & Nikkuni, S. (2003). Development of Pure Culture Starter for Kecap, An Indonesian Soy Sauce. *BioSMART*. 5: 5–7.

Sulistyowati, P., Widyamoko, A.Y.P.B.C., & Rimbawanto, A. (2005). Studi Keragaman Genetic Empat Populasi Eusideroxylon zwageri Menggunakan Penanda RAPD. In Hardiyanto, E.B. (Ed.). Prosiding *Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Hutan: Peran Konservasi Sumberdaya Genetik, Pemuliaan dan Silvikultur dalam Mendukung Rehabilitasi Hutan*: 383–395.

Sumiarto, B. (2006). Model Penyakit Hewan Menular. Makalah *Apresiasi Analisis Resiko Bagi Medik Veteriner*. Balai Karantina Hewan Kelas I Tanjung Priok, Jakarta.

Sunartadirdja, M.A. & Lehmann, H. (1960). Der Tropische Karst von Maros und Nord-Bone in SW-Celebes Sulawesi. *Zeitschrift fuer Geomorphologie*: 49–65.

Suprihatno, B., Hamidy, R., & Amin, C. (2012). Analisis Biomassa dan Cadangan Karbon Tanaman Bambu Belangke (*Gigantochloa pruriens*). *J. Ilmu Lingkungan*. 6(1): 82–92.

Surono, Sukamto, R., & Samodra, H. (1999). Batuan Karbonat Pembentuk Morfologi Kars di Indonesia. *Kumpulan Makalah Lokakarya Kawasan Karst*, Jakarta 29–30 September 1999. Direktorat Jendral Geologi dan Sumberdaya Mineral. Tidak dipublikasikan.

Susatya, A., Arianto, W., & Mat Saleh, K. (2005). *Rafflesia bengkuluensis* (*Rafflesiaceae*), a New Species from South Sumatera, Indonesia. *Flora Malesiana* 6: 139–152.

Sutarna, I.N. (1989). Kondisi Karang Batu di Teluk Ambon Bagian Dalam, Pulau Ambon. In Praseno, D.P. *et al*. (Eds.). *Teluk Ambon II. Biologi, Perikanan, Oseanografi dan Geologi*. BPPSDL-P3O-LIPI. Ambon. Pp 18–22.

Sutarna, I.N. (1990). Struktur Komunitas Karang Batu di Perairan Kepulauan Kai Kecil, Maluku Tenggara. In Praseno, D.P. *et al*. (Eds.). *Perairan Maluku dan Sekitarnya. Biologi, Lingkungan dan Oseanografi*. Balitbang Sumberdaya Laut, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi-LIPI. Ambon. Pp 123–134.

Syandri, H. (1996). Aspek Reproduksi Ikan Bilih *Mystacolecus padangencis* Bleeker dan Kemungkinan Pembenihannya di Danau Singkarak. *Disertasi Progam Pascasarjana* Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor

Tacconi, L. (2003). *Fires in Indonesia: Causes, Costs and Policy Implications*. Occasional Paper No. 38, CIFOR, Bogor, Indonesia.

Tarmudji. (2006). Penyakit Strategis Ruminansia Besar dan Pelayanan Diagnosisnya di Balai Besar Penelitian Veteriner, Bogor. Prosiding *Lokakarya Nasional Ketersediaan Iptek dalam Pengendalian Penyakit Strategis pada Ternak Ruminansia Besar*: 88–98.

Tawan, C.S. (2004). Thymelaeaceae: *Aetoxylon sympetalum* (Steenis & Domke) Airy Shaw. In Soepadmo, E., Saw, L.G., R.C.K. Chung

(Eds.). *Tree Flora of Sabah and Sarawak Volume 5* (Electronic Version). Ministry of Science, Tehnology and Innovation, Government of Malaysia.

The plant list. http://www.theplantlist.org/browse/A/Musaceae/Musa/

Thomson, M.J. *et al*. (2007). Genetic Diversity Analysis of Traditional and Improved Indonesian Rice (*Oryza sativa* L.) Germplasm Using Microsatellite Markers. *Theor. Appl. Genet*. 114(3): 559–568.

TIES (The International Ecotourism Society). (2006). *Fact Sheet: Global Ecotourism*. Updated edition, September 2006. *www.ecotourism.org*.

Tilaar, M. (2009). *Healthy Lifestyle with Jamu. Sehat dan Cantik Alami Sesuai Siklus Kehidupan*. Dian Rakyat.

Tingey, D.T. (1988). *Bioindicators in Air-pollution Research: Applications and Constraints* (No. PB-88-214770/XAB; EPA-600/D-88/116). Environmental Protection Agency, Corvallis, OR (USA). Environmental Research Lab.

Tirtaningtyas, F.N. & Philippa, J. (2009). Nordmann's Greenshank Tringa Guttiferi on Cemara Beach, Jambi, Indonesia. *BirdingAsia.* 12: 97–99.

Tjitrosemito, S. (1999). The Establishment of *Procecidochares connexa* in West Java, Indonesia: A Biological Control Agent of *Chromolaena odorata*. *Biotropia*. 12: 19–24.

Tokumaru, S. & Abe, Y. (2006). Hymenopterous parasitoids of Leafminers, *Liriomyza sativae* Blanchard, *L. trifolii* (Burgess), and *L. bryoniae* (Kaltenbach) in Kyoto Prefecture. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool*. 50: 341–345.

Tomascik, T. *et al*. (1997). The Ecology of Indonesian Series. *The Ecology of the Indonesian Seas(Part 1)*. Volume VII. Periplus Edition. Pp vii–xiv, 1–642.

Uji, T. (2001). Keanekaragaman Jenis Buah-buahan Hutan di TN Bogani Nani Wartabone, Suawesi Utara. Prosiding *Seminar Sehar Hari Cinta Puspa dan Satwa Nasional: Menggali Potensi dan Meningkatkan Prospek Tanaman Hortikultura Menuju Ketahanan Pangan*. Bogor, 5 Nopember 2000. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor-LIPI: 19-25.

Uji, T. *et al*. (2010). Kajian Spesies Flora Asing Invasif di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. *Biota.* 15(2): 167–173.

Uluk, A., Sudana, M., & Wollenberg, E. (2001). *Ketergantungan Masyarakat Dayak terhadap Hutan di Sekitar Taman Nasional Kayan Mentarang*. Center for International Forestry Research(CIFOR), Bogor. Pp. 150. ISBN 979-8764-74-9.

UN-Habitat. (2000). *Inter-agency Report on Indonesia Forest and Land Fires and Proposal for Risk Reduction for Human Settlements*. UN Centre for Human Settlements. Fakuoka: UN Habitat. *http://hq.unhabitat.org/ pmss/ listsItemDetails.aspx? publication ID=1861*.

USAID Indonesia. (2004). Report on *Biodiversity and Tropical Forests in Indonesia* Submitted in accordance with Foreign. Assistance Act Sections 118/119.

van der Pijl, L. (1972). *Principles of Dispersal in Higher Plants*. New York: Springer Verlag.

van Loon, L.C., Bakker, P.A., & Pieterse, C.M. (1998). Systemic Resistance Induced by Rhizosphere Bacteria. *Annu. Rev. Phytopathol*. 36: 453–483.

van Soest, R.W.M. (1989). The Indonesian Sponge Fauna: A Status Report. *Neth. J. Sea Res*. 23(2): 223–230.

van Steenis, C.G.G.J. & Kruseman, M.J. (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*.

van Steenis, C.G.G.J. (1957). Outline of Vegetation Types in Indonesia and Some Adjacent Regions. Proceedings. *The 8th Pacific Science Congress* 4: 61–97.

van Steenis, C.G.G.J. (2006). *Flora Pegunungan Jawa* (Terjemahan). Pusat Penelitian Biologi LIPI, Bogor.

Vannote, R.L. *et al*. (1980). The River Continuum Concept. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science.* 37: 130–137.

Vavilov, N.I. (1926). *Studies on the Origin of Cultivated Plants*. Leningrad. 1951.

Venter, J.C. *et al*. (2004). Environmental Genome Shotgun Sequencing of the Sargasso Sea. *Science.* 304: 66–74.

Vermeulen, J. & Whitten, T. (1999). *Biodiversity and Cultural Property in the Management of Limestones Resources*. The World Bank. Washington.

Wahyono. (2011). *Kelompok Kerja Mangrove Tingkat Nasional*.

Wahyono. (2011). *Pengembang Kelembagaan Bank Pangan Non-Beras di Tingkat Masyarakat untuk Membangun Ketahanan Pangan di Pedesaan*. PMB-LIPI.

Wahyudi & Willianto. (2014). *Peta Sebaran KMH di Sumatera dan Pola Intensitas Konflik. in Press.*

Walsh, U.F., Morrissey, J.P., & O'Gara, F. (2001). Pseudomonas for Biocontrol of Phytopathogens: from Functional Genomics to Commercial Exploitation. *Curr. Opin. Biotechnol*. 12: 289–295

Walujo, E.B. (1994). *Masyarakat Mukoko di Lembah Baliem Irian Jaya: Suatu Tinjauan Etnobotani. Pembangunan Masyarakat Pedesaan: Suatu Telaah Analitis Masyarakat Wamena, Irian Jaya*. Pustaka Sinar Harapan, 119–130 p.

Walujo, E.B. (2011). Keanekaragaman Hayati untuk Pangan. Makalah disampaikan pada *Konggres Ilmu Pengetahuan Nasional X*, 8 –10 Nopember 2011. Jakarta.

Walujo, E.B. (2013). Etnofarmakologi, Saintifikasi Pengetahuan untuk Pengembangan Industri Kimia Obat dan Farmasi di Indonesia. Makalah utama pada *Lustrum Dan Wisuda Sarjana ke-5 Tahun 2013*, Sekolah Tinggi Teknologi dan Industri Farmasi di Bogor.

Waluyo, E.B. & Karuniawan, A. (2011). Potensi Genetik Ubi Jalar di Jawa Barat. Makalah. In *Seminar Nasional: Pemanfaatan Sumber Daya Genetik (SDG) Lokal Mendukung Industri Perbenihan Nasional* dalam Rangka Purna Bakti Staf Pengajar Pemuliaan Tanaman UNPAD dan Kongres Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia (Peripi) Komda Jabar 2011. Fakultas Pertanian dan Peripi Komda Jawa Barat, Jatinangor, 10 Desember 2011.

Wardle, D.A., Bardgett, R.D., Klironomos, J.N., Seta¨la¨, H., van der Putten, W.H., & Wall, D.H. (2004). Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304, 1.629–1.633.

Waterhouse, B.M. (2003). Know Your Enemy: Recent Records of Potentially Serious Weeds in Northern Australia, Papua New Guinea and Papua (Indonesia). *Telopea*. 10(10): 477–486.

Watson, J. *et al*. (Eds.). (1997). *Guidelines for Cave and Karst Protection*. WCPA Working Group on Cave and Karst Protection, IUCN–The World Conservation Union.

Whitman, W.B., Coleman, D.C., & Wiebe, W.J. (1998). Prokaryotes: the Unseen Majority. *Proc. Natl. Acad. Sci*. USA 95: 6.578–6.583.

Whitmore, T.C. (Ed.). (1981). *Wallace's Line and Plate Tectonics*. Oxford University Press. 91 pp.

Whitmore, T.C. (1984). *Tropical Rain Forests of the Far East*. (2nd edition). Oxford University Press, Oxford. 352 pp.

Whitmore, T.C., Tantra, I.G.M., & Sutisna, U. (Eds.). (1990). *Tree Flora of Indonesia. Check List for Kalimantan Part II*.1. Forest Research and Development Center, Bogor-Indonesia.

Whittaker, R.H. (1969). New Concepts of Kingdoms or Organisms. Evolutionary Relations Are Better Represented by New Classifications Than by the Traditional Two Kingdoms. *Science*. 163(3863): 150–60, Bibcode: 1969Sci... 163.. 150W, doi: 10.1126/science.163.3863.150, PMID 5762760

Whitten, J.A., Mustafa, M., & Henderson, G. (1987). *Ekologi Sulawesi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 844p.

Whitten, J.A., Soeriaatmadja, R.E., & Afiff, S.A. (1996). *The Ecology of Java and Bali*. Periplus edition. Singapore.

Whitten, T. *et al*. (2000a). *Ecology of Sulawesi*. 2nd Edition. Periplus Edition. Singapore.

Whitten, T. *et al*. (2000b). *The Ecology of Sumatra, The Ecology of Indonesia Series, Vol. I*. Periplus Editions, Hong Kong.

Whitten T., Holmes, D., & MacKinnon, K. (2001). Conservation biology: a Displacement Behavior for Academia? *Conservation Biology* 15: 1–3.

WHO. (2008). The World Health Report 2008 - primary Health Care(Now More Than Ever). *http://www.who.int/whr/2008/08_contents_en.pdf?ua=1*.

Wibisono, I.T.C. & Suryadiputra, I.N. (2006). *Study of Lessons Learned from Mangrove/Coastal Ecosystem Restoration Efforts in Aceh Since Tsunami*. Wetland International Indonesia Program UNEP.

Widinugraheni, P. (1993). Distribusi Spasial Karang *Scleractinia* dan Hubungannya dengan Karakteristik Habitat di Pantai Belebu dan Pulau Sekepal, Lampung Selatan. *Skripsi Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan* Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. 90 pp.

Widjaja, E.A. (1988). Ethnobotany of the Funeral Ceremony of the Torajanese. *Economic Botany*. 42(2), 250–254.

Widjaya, E.A. & Jessup, T.C. (1996). Short Description of Indigenous Rice from East Kalimantan, Indonesia. FAO/IBPGR. *Plant Genetic Resources Newsletter*. 67:44–45.

Widjaja, E.A. *et al*. (2011). *Status Keanekaragaman Hayati Indonesia*. Puslit Biologi-LIPI.

Widjaja, E.A. (2012). *Bamboo Workshop Platform for Green Industry*. Makalah dipresentasikan pada di Yogyakarta, 13–14 November 2012.

Widjaja, E.A. & Kartawinata, K. (2013). Economic Botany from the Herbarium Ambonese to the Plant Resources of Southeast Asia. *Allertonia*. 13

Widjaja, E.A. & Pratama, B.A. (2013). *Kehilangan Keanekaragaman Hayati di Bioregion Sulawesi: Daerah Sulawesi Barat dan Sulawesi Tengah*. Laporan Teknis Puslit Biologi, LIPI.

Widjaja, E.A. (2014). Budidaya Bambu untuk Menunjang Pemanfaatan dan Konservasinya. Makalah dalam *Lokakarya Bambu Flores* di Borong tanggal 2–5 September 2014.

Widyatmoko, A.Y.P.B.C., Nurtjahjaningsih, I.L.G., & Prastyono. (2011). *Study on the Level of Genetic Diversity of Diospyros celebica, Eusideroxylon zwageri and Michelia spp. Using* RAPD *Markers*. Center for Conservation and Rehabilitation Research and Development, Forestry Research and Development Agency, Ministry of Forestry, Indonesia.

Wienarto, N. *et al*. (2014). *Mengintegrasikan Jasa Ekosistem dalam Perencanaan Tata Ruang*. Academia Edu.

Wijaya, K.A. (2011). *Penggunaan Tumbuhan Sebagai Bioindikator dalam Pemantauan Pencemaran Udara*.

Wilson & Reder. (2014). *Mammal Species of the World*. Third edition. Online edition. *http://www.departments. bucknell.edu/biology/resources/msw3/browse.asp.*

Wiriadinata, H. & Sari, R. (2010). A New Species of Rafflesia (*Rafflesiaceae*) from North Sumatra. *Reinwardtia.* 13(2): 95–100.

Wiriadinata, H., Kartonegoro, A., & Pratama, B.A. (2014). Laporan Perjalanan: Pengamatan Populasi Gaharu Buaya (*Aetoxylon sympetalum* (Steenis & Domke) Airy Shaw) di Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat. Pusat Penelitian Biologi – LIPI (Tidak diterbitkan)

Wit, H.C.D. de. (1949). Short history of the phytography of Malaysian vascular plants. *Flora Malesiana I*, 4: lxxi–clxi.

Witjaksono *et al*. (2012). Perbanyakan *Amorphophallus titanum* Becc (Araceae) dengan Teknologi *In Vitro*. *J. Biol. Ind*. 8(2) 343–354.

Witono, J.R. (1998). *Koleksi Palem Kebun Raya Bogor*: *Vol. 1 No.1.* Bogor: UPT Balai Pengembangan Kebun Raya-LIPI.

Witono, J.R. *et al*. (2012). *Rencana Pengembangan Kebun Raya Indonesia*. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor-LIPI. Bogor.

Wowor, D., Hadiaty, & Irvan, R.K. (2010). *Studi Biota Perairan dan Herpetofauna di Daerah Aliran Sungai* (DAS) *Ciliwung dan Cisedanae: Kajian Hilangnya Keanekaragaman Hayati*. Bogor, Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Wowor, D. (2012). Krustasea di Kawasan Karst Gunungsewu dan Menoreh. Prosiding *Workshop Ekosistem Karst*, Yogyakarta 18–19 2011. LIPI, BKSDA Yogyakarta dan Yayasan Kanopi Indonesia: 156–162.

Wunder, S. (2005). Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts. *CIFOR Occasional Paper*. 42: 1–24.

WWF. (2008). Studi Analisis Hidrologis dan Perubahan Tutupan Lahan (*land use land cover change*) Kawasan Gunung Rinjani, Lombok. WWF bekerja sama dengan Pemda NTB, BPK Mataram, BPDAS Dodokan Moyosari.

www. Reptildatabase.org/. (2014)

www.algaebase.org.

www.cleanairinitiative.org/portal/sites/default/files/articles69345_paper.pdf

Yap, S.Y. (1999). Riverine and Lacustrine Fish Communities in Southeast Asia. In Van Densen, M.L.T. & Morris, M.J. (Eds.).

Fish and Fisheries of Lakes and Reservoirs in Southeast Asia and Africa. Otley: Westbury Academic & Scientific Publishing. Pp 13–27.

Yen, D.E. (1991). The Social Impact of Sweet Potato Introduction in Asia and the South Pacific. In UPWARD *Sweet Potato Cultures of Asia and South Pacific. Proceeding of the 2nd Annual UPWARD Intl. Conference*. Los Banos, Philippines. Pp. 18–27.

Yoshikawa, M. *et al*. (1993). Indonesian Medicinal Plants VI. on the Chemical Constituents of the Bark of *Picrasma javanica* Bl. (Simaroubaceae) from Flores Island. Absolute Stereostructure of Picrajavanins A and B. *Chem. Phar. Bull*. 41: 2101–2105.

Yoshimoto, M. *et al*. 2002. Antimutagenicity of Mono-, di- and Tricaffeoylquinic Acid Derivatives Isolated from Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Leaf. *Biosci. Biotechnol. Biochem*. 66(11): 2.336–2.341.

Yoshinaga, M., Yamakawai, O., & Nakatani, M. (1999). Genotypic Diversity of Anthocyanin Content and Composition in Purple-fleshed Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.). Lam). *Breeding Science*. 49(1), 43–47.

Yoshioka, T., Fujii, E., Endo, M., Wada, K., Tokunaga, Y., Shiba, N., Hohsho, H., Shibuya, H., & Muraki, T. (1998). Antiinflammatory potency of dehydrocurdione, a zedoary-derived sesquiterpene. *Inflamm. Res*. 47: 476–481.

Yulita, K.S., Poerba, Y.S., & Partomihardjo, T. (2010). Keragaman Genetika Ramin [*Gonystylus bancanus* (Miq.) Kurz] dari Provinsi Riau Berdasarkan Profil Random Amplified Polymorphic DNA. *Jurnal Biologi Indonesia.* 6(2): 173–183.

Yuzammi. (2009). The Genus Amorphophallus Blume Ex Decaisne (Araceae-Thomsonieae) in Java. *Reinwardtia.* 13(1): 1–12.

Zeven, A.C. & Zhukovsky, P.M. (1975). *Dictionary of Cultivated Plants and Their Centres of Diversity*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, Germany. 219 pp.

Zeven, A.C. & Zhukovsky, P.M. (1967). *Dictionary of the Cultivated Plants and Their Centre of Diversity*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, 219 pp.

Zhang H.Y., C.X. Hua, C.P. Liu, H.F. Li, J.S. Wang, K.L. Yuan, J.W. Tang, & G.W. Xu. (2007). Screening and analysis of bioactive compounds in traditional Chinese medicines using cell extract and gas chromatography–mass spectrometry. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 43: 151–157.

Zhang Y.H., H. Su, L.J. Zhong, Y.F. Cheng, L.M. Zeng, X.S. Wang, Y.R. Xiang, J.L. Wang, D.F. Gao, & M. Shao. (2008). Regional ozone pollution and observation-based approach for analyzing ozone–precursor relationship during the PRIDE-PRD2004 campaign Atmospheric Environment, Volume 42, Issue 25, Pp. 6.203–6.218

Zhao, T. & Gai, J. (2004). The Origin and Evolution of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Scientia Agricultura Sinica.* 37(7): 954.

Zhao, K. *et al*. (2011). Genome-wide Association Mapping Reveals a Rich Genetic Architecture of Complex Traits in *Oryza sativa*. *Nat. Commun*. 2: 467.

Zhi-Qiang Xiong, Jian-Feng Wang, Yu-You Hao, & Yong Wang. (2013). Recent Advances in the Discovery and Development of Marine Microbial Natural Products. *Mar. Drugs* 11, 700–717.

Zilda, D.S., Patantis, G., & Chasanah, E. (2009). The Use of Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) Technique for Assessing Genetic Diversity of Thermophilic Bacteria. *Journal of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology.* 4: 37–43.

Zulkifli, H. *et al*. (2012). A Review of Recent Knowledge on Raptor Species in Sumatra, Indonesia. *Journal of Life Sciences.* 6: 454–459.

GLOSARIUM

Arboretum	Kebun koleksi yang ditanami khusus dengan berbagai jenis pohon.
Bakteri	Mikroorganisme bersel satu, prokarion, dan umumnya tidak berklorofil dan dapat berkembangbiak secara cepat dengan membelah diri.
Bioaktif	Substansi atau bahan-bahan yang memberikan efek kepada jaringan atau organ hidup.
Biogeografi	Studi mengenai sebaran jenis organisme dan ekosistem dalam suatu wilayah ruang dan waktu secara geografis dan geologi
Biogeografi	Ilmu yang membahas tentang penyebaran geografi dari makhluk hidup, habitat, dan faktor sejarah serta biologi yang mendasarinya.
Bioindikator	reaksi biologi dari organisme yang secara teratur menghasilkan atau menunjukkan respon tertentu dalam menanggapi perubahan kondisi lingkungan dan ekosistem.
Biopiracy	Kegiatan yang berkaitan dengan eksploitasi atau pemanfaatan *bioresources* tanpa izin dan atau kompensasi yang sepadan kepada negara asal atau komunitas asli yang secara tradisi memiliki atau memanfaatkan *bioresources* tersebut.
Bioregion	Kawasan atau wilayah geografis yang relatif luas dan memiliki bentang alam serta jenis keanekaragaman hayati yang tinggi dimana proses lingkungan alamnya memengaruhi fungsi-fungsi ekosistem di dalamnya.
Bioresources	Sumber-sumber keanekaragaman hayati yang dapat dimanfaatkan atau memiliki potensi untuk digunakan untuk pemenuhan kebutuhan pangan, energi, dan industri lainnya
Biosfer	Keseluruhan komunitas yang ada di bumi; makhluk hidup beserta lingkungan hidupnya; bagian atmosfer yang paling bawah, yaitu di dekat permukaan bumi.
Brackish	kondisi perairan yang memiliki salinitas lebih tinggi dari air tawar namun lebih rendah dari air laut.
Cagar alam	Daerah perlindungan yang digunakan untuk melestarikan tumbuhan dan hewan yang dilindungi oleh undang-undang.
CITES	The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora adalah konvensi internasional yang mengatur perdagangan flora dan fauna sehingga tidak mengakibatkan kepunahan di alam.
Critically Endangered (Genting)	Kategori IUCN *Red list* mengenai suatu taksa yang memiliki risiko punah sangat tinggi.

Data Deficient (Kurang Data)	Kategori IUCN *Red list* mengenai data populasi dan status suatu taksa belum ada
Dikotil	Tumbuhan yang memiliki dua keping biji.
Ekoregion	Unit daratan atau perairan yang dibatasi secara geografis oleh komposisi jenis yang unik, komunitas alamiah, dan kondisi-kondisi lingkungan.
Endangered (Kritis)	kategori IUCN *Red list* mengenai suatu taksa yang memiliki risiko tinggi menjadi punah
Endemik	Organisme yang penyebarannya terbatas pada daerah tertentu saja.
Endemisitas	Rasio jumlah jenis yang hanya ada di pulau tersebut dengan jumlah total jenis yang ada
Endemisme	Suatu wilayah ekologi yang dibatasi oleh distribusi jenis-jenis flora dan fauna yang endemik
Eradikasi	Pemusnahan total secara mekanik dan atau kimia tumbuhan asing invasif yang telah mengganggu suatu ekosistem
Ex Situ	Petunjuk yang menerangkan bahwa objek yang dibicarakan berada di luar tempat/lingkungan alamiahnya yang asli
Faktor abiotik	faktor tak hidup yang meliputi faktor fisik dan kimia.
Faktor biotik	faktor hidup yang meliputi semua makhluk hidup di bumi, baik tumbuhan maupun hewan.
Famili	suku, merupakan kelompok klasifikasi yang terdiri atas beberapa genus/marga yang sama.
Fauna	seluruh kehidupan/komunitas hewan dalam suatu daerah atau habitat
Fekunditas	Jumlah sel telur yang dihasilkan oleh individu betina per tahun atau per satuan berat badan
Filum	Merupakan kelompok yang terdiri atas beberapa kelas dengan ciri-ciri yang sama
Fitogeografi	Ilmu yang mempelajari tentang masalah penyebaran tumbuhan.
Fitokimia	Ilmu yang mempelajari tentang senyawa kimia yang terdapat di dalam tubuh tumbuhan.
Flora	Keseluruhan habitat suatu tumbuhan pada suatu daerah tertentu; dapat juga berarti tumbuhan
Fungi	Jamur, cendawan; tumbuhan yang tidak memiliki daun sejati dan hidup dari bahan tumbuhan.
Garis biogeografi	Garis khayal yang menggambarkan batas wilayah geografis tertentu berdasarkan keunikan komunitas organisme atau ekosistem
Gene pool	keanekaragaman genetika plasma nutfah suatu organisme
Habitat	Tempat hidup suatu populasi makhluk, seperti tanah, laut, dan pohon
Herbarium	Tempat penyimpanan tumbuhan yang sudah diawetkan.

In Situ	Petunjuk yang menerangkan bahwa objek yang dibicarakan berada di dalam tempat/lingkungan alamiahnya yang asli
Indeks Nilai Penting	Metode analisis ekologi yang digunakan untuk menetapkan dominasi suatu jenis terhadap jenis lainnya atau dengan kata lain nilai penting menggambarkan kedudukan ekologis suatu jenis dalam komunitas
Introduksi	Masuk atau berpindahnya suatu jenis dari habitatnya dari suatu tempat ke tempat lainnya, baik dilakukan secara sengaja maupun secara tidak sengaja
IUCN	The International Union for the Conservation of Nature (IUCN) adalah otoritas internasional dalam penentuan status konservasi jenis
Karbohidrat	senyawa organik karbon, hidrogen, dan oksigen yang terdiri atas satu molekul gula sederhana yang merupakan bahan makanan penting serta sumber tenaga.
Karst	Daerah kapur dengan sungai dan gua-gua di bawah tanah.
Keanekaragaman	Totalitas variasi gen, jenis, dan ekosistem yang menunjukkan berbagai variasi bentuk, frekuensi, dan ukuran serta sifat lainnya.
Keanekaragaman hayati	Keseluruhan keanekaragaman makhluk yang terdapat pada suatu daerah.
Keanekaragaman jenis	Bermacam-macam jenis tumbuhan, hewan, mikrob yang terdapat dalam suatu kelompok.
Kebun plasma nutfah	Sebidang tanah yang digunakan sebagai tempat pembudidayaan tanaman budi daya serta kerabat liarnya yang menunjukkan variasi genetika.
Kebun raya	sebidang tanah yang digunakan sebagai tempat pembudidayaan tanaman budi daya dan tanaman liar dari tempat-tempat yang jauh untuk keperluan penelitian ilmiah, tempat pariwisata, atau pelestarian tumbuhan.
Kolonisasi	Sebuah jenis dengan tingkat reproduksi yang tinggi karena mampu mengambil keuntungan dari habitat yang baru
Kultivar	varietas yang dibudidayakan; varietas tumbuhan yang sudah dibudidayakan
Lahan terdegradasi	suatu lahan yang kehilangan secara berlebihan atas beberapa unsur hara dari daerah perakaran dan berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air.
Legislasi	Alat kelengkapan berupa peraturan atau perundang-undangan yang bersifat tetap yang dibentuk dan ditetapkan oleh badan legislasi
Lichen	Lumut kerak yang terdiri atas dua atau lebih jenis yang hidup secara simbiosis antara ganggang dan jamur.
Mangrove	Hutan bakau yang biasanya terdapat di tepi pantai
Materi genetika	bahan dari tanaman, termasuk materi propagasi reproduktif dan vegetatif, yang mengandung unit-unit fungsional pewarisan sifat (hereditas).

Mega-herbivora	satwa pemakan tumbuh-tumbuhan yang berukuran besar
Migrasi	Gerakan perpindahan hewan secara periodik dari tempat di mana ia telah tinggal ke daerah yang baru dan kemudian melakukan perjalanan kembali ke habitat asli.
Migrasi	Pergerakan atau perpindahan jarak jauh dari satwa-satwa yang terjadi secara periodik mengikuti suatu siklus, biasanya siklus pergantian musim
Mitigasi	Upaya-upaya yang dilakukan untuk mencegah jenis invasif yang belum masuk dan mengendalikannya setelah masuk di kawasan Indonesia
Naturalisasi	Suatu tahapan di mana suatu jenis telah mampu menyesuaikan dirinya dengan faktor lingkungan dan terus berusaha untuk menyempurnakan proses adaptasinya ke arah yang positif.
Near Threatened (Terancam)	Kategori IUCN *Red list* di mana suatu taksa memiliki risiko penurunan populasi dalam jangka waktu tertentu
Ovovivipar	Reproduksi yang dihasilkan dengan cara mengembangkan telur di dalam badan induknya, tetapi embrio tidak mendapat makanan dari induknya
Pencemaran	Kontaminasi ekosistem alami yang disebabkan adanya kegiatan manusia
Post Border	Jenis asing invasif yang sudah masuk di kawasan Indonesia
Pre Border	Jenis asing invasif yang masih berada di luar kawasan Indonesia
Pusat asal	kawasan geografis tempat sifat khas suatu jenis tumbuhan, baik yang telah didomestikasi maupun yang masih liar, berkembang pertama kali.
Pusat keanekaragaman tanaman	kawasan geografis yang keanekaragaman genetik tanamannya sangat tinggi dalam kondisi *in situ*.
Reintroduksi	Pelepasliaran kembali jenis-jenis flora dan fauna yang berasal dari penangkaran atau pembibitan, atau dari daerah lain ke lokasi dimana jenis-jenis tersebut tinggal sedikit atau telah punah
Resiko Analisis	Sistem yang bisa dipakai untuk memprediksi tumbuhan yang diimpor akan menjadi invasif atau menjadi tumbuhan bermanfaat
Restorasi	Upaya untuk membangun kawasan di dalam hutan alam yang memiliki ekosistem penting
Simbiosis mutualisme	interaksi antara dua atau lebih organisme yang saling menguntungkan
Taksonomi	Ilmu mengenai klasifikasi makhluk hidup, mengelompokkannya secara berurutan sesuai dengan derajat persamaan dan perbedaan antara mereka, lalu memberinya nama ilmiah.
Tepung Sagu	Tepung yang diolah dari pohon sagu, Metroxylon Sagu; empulur batang yang lunak dipotong-potong, diperas dalam air lalu didiamkan semalam. Air supernatant dibuang, endapan dijemur, hingga menjadi tepung sagu.

Variasi genetika	varian penampilan individu-individu dalam suatu populasi yang terjadi karena perbedaan genetika
Variasi geografi	Perbedaan-perbedaan antarpopulasi suatu jenis yang terpisah secara geografi.
Varietas	Suatu pengelompokan organisme, di dalam satu takson botani tunggal peringkat paling rendah yang dikenal, yang dibatasi oleh penampilan ciri-ciri pembeda dan ciri-ciri genetik lainnya yang dapat diturunkan; di bidang pertanian varietas menunjukkan adanya kultivar hasil rekayasa yang dicirikan oleh perbedaan genetikanya.
Vegetasi	Keseluruhan hidup tumbuhan pada suatu daerah.
Vertebrata	Kelompok hewan beruas tulang belakang.
Vulnerable (Rentan)	Kategori IUCN *Red list* mengenai suatu taksa yang memiliki resiko untuk menjadi punah
Wallacea	Zona transisi antara kawasan zoogeografi Oriental dan Australia yang terletak di antara garis Wallaceae dari garis Weber dan meliputi Sulawesi, Lombok Sumbawa, Flores dan Timor.
Zat Antibiotik	Zat yang diperoleh dari organisme yang berfungsi untuk merusak atau menghalangi pertumbuhan organisme mikro
Holotype	Spesimen tunggal yang dipilih oleh pemberi nama suatu jenis sebagai tipenya, atau satu-satunya spesimen yang dikenal pada waktu pertelaan.
Neotype	Plesiotype; dipilih untuk mewakili holotipe bila tipe asli atau holotipe hilang atau rusak.
Paratype	Spesimen yang telah diperbandingkan dengan tipe; spesimen dalam seri yang dijadikan dasar pertelaan, di samping satu yang dikhususkan sebagai spesimen tipe.
Syntype	Kotipe; dua atau lebih spesimen yang dijadikan dasar dalam pendirian jenis bila holotipe tidak dipilih.
Type	Pembakuan acuan untuk menentukan penerapan yang tepat tentang nama zoologi. Spesimen tunggal atau salah satu dari seri yang menjadi dasar pertelaan jenis.

INDEKS JENIS

Aaptos, 52
Acacia, 182
Acacia leucophloea, 36
Acacia mangium, 148
Acacia nilotica, 202, 203, 206
Acacia tomentosa, 36
Acanthaster, 50
Acanthus ilicifllius, 223
Accipiter gularis, 56
Accipiter solensis, 56
Aceros undulatus, 232
Acetobacter, 187, 168
Acetobacteraceae, 54
Achromobacter denitrificans, 191
Acinetobacter, 187
Acropora, 13
Actinobacteria, 54, 192
Adenanthera, 182
Adiantum, 164
Adinandra dumosa, 31
Adrianichthys kruytii, 234
Aethopyga mystacalis, 238
Aethopyga siparaja, 238
Aethopyga temminckii, 238
Aetoxylon sympetalum, 97
Agalmyla, 239
Agaricus bisporus, 78
Agathis, 82
Agathis borneensis, 82, 267
Ageratina riparia, 214
Ageratum conyzoides, 172
Aglaia rivularis, 23
Agrostis infirma, 41
Agrostis tenuis, 223
Alangium, 23
Alcaligenes, 187
Alcanivorax borkumensis, 191
Alcedo coerulescens, 232, 272
Allium cepa, 139
Alnus, 182
Alocasia, 166, 207
Alphaproteobacteria, 192
Alphonsea javanica, 172
Alpinia glabra, 84
Alpinia malaccensis, 84
Alstonia, 148
Alstonia pneumatophora, 31
Alstonia scholaris, 28, 31, 148, 249
Alstonia spatulata, 31
Alteromonas, 53
Amblystegium riparium, 169
Amorphophallus, 93, 94, 166
Amorphophallus muelleri, 94, 168
Amorphophallus paeniifolius, 94
Amorphophallus variabilis, 93
Amorphophallus titanum, 94, 120
Amphilophus citrinellus, 207
Amyda cartilaginea, 207
Amylomyces rouxii, 168
Anabaena cylindrica, 179
Anacardium, 182
Anaerobic Methane Oxidation, 54
Anaphalis, 41
Anaplasma, 205

Anaplolepis, 220
Anaptychia ciliaris, 223
Andigena, 139
Anemonefish, 14
Anguilla, 231
Anisoptera thurifera, 23
Annona, 182
Anoplolepis gracilipes, 208
Anthoxanthum horsfieldii var. *angustum*, 41
Anthracoceros albirostris, 232
Anthreptes malacensis, 238
Antiphates, 16
Apis, 66, 182
Apis andreniformis, 67
Apis cerana, 66, 67
Apis dorsata, 67
Apis florea, 66
Apis koschevnikovi, 67
Apis mellifera, 66, 67
Apis nigrocincta, 67
Apocynaceae, 38, 182
Apostasia nuda, 166
Aquilaria, 97, 268
Araceae, 38, 94
Arachis hypogaea, 138
Arachnothera longirostra, 238
Arachnothera robusta, 238
Araucaria cunninghamii, 148
Archaea, 53
Arecaceae, 91
Arenga obtusifolia, 206
Arenga pinnata, 92
Arhinga, 21
Aristatus piperata, 39
Artemisia vulgaris, 172
Arthrobacter, 187
Artocarpus altilis, 23
Artocarpus anisophyllus, 164
Artocarpus cf. *rigidus*, 28
Artocarpus kemando, 164
Aspergillus, 169, 188
Aspergillus flavus, 153
Aspergillus niger, 191
Aspergillus oryzae, 153, 168, 169
Aspergillus terreus, 177
Asplenium, 164
Asplenium caudatum, 112
Astronotus ocellatus, 207
Atipia, 205
Atracosteus spatula, 207
Atrichum, 169
Auricularia auricula, 168
Austroeupatorium inulifolium, 204
Avicennia, 19, 53
Avicennia alba, 223
Azolla pinata, 164
Azospirillum, 187, 188, 233
Azospirillum brasilense, 188
Azotobacter, 187, 188
Babesia gibsooni, 174
Baccaurea, 145
Baccaurea mino, 164
Bacilli, 54
Bacillus, 54, 99,169, 185, 187, 188, 199, 205
Bacillus amyloliquefaciens, 191
Bacillus antraci, 275
Bacillus licheniformis, 168, 191
Bacillus subtilis, 191
Bacillus thuringiensis, 191
Bacteroidetes, 54
Balanocarpus, 26
Bambusa, 88, 90
Bambusa balcooa, 89
Bambusa balcooa cultivar *beema*, 89
Bambusa blumeana, 36, 91
Bambusa pallida, 89
Bambusa tulda, 89
Bambusa vulagris, 88, 89, 90, 91

Barbodes schwanenfeldii, 128
Barringtonia, 26, 31
Barringtonia asiatica, 26
Barringtonia racemosa, 23, 26
Bartlettina sordida, 205, 206
Bartonella, 206
Bauhinia, 182
Begonia watuwilensis, 81
Begoniaceae, 183
Bemisia tabaci, 208
Betulaceae, 183
Bifidobacterium bifidum, 168
Blasia, 169
Boletus, 77
Bombus rufipes, 182, 183
Bombus terrestris, 183
Borassus flabellifer, 23, 36, 93
Bos indicus, 129, 161
Bos javanicus, 129, 130, 257, 265
Bos taurus, 129, 130, 161
Brachycladium, 88
Bradyrhizobium, 187
Bradyrhizobium yuanmingense, 188
Breutelia aristivolia, 41
Brevundimonas diminuta, 191
Breynia virgata, 28
Brucea javanica, 173
Brucella, 205
Brugmansia suaveolens, 204, 205
Bruguiera, 19, 53
Bryum cellulare, 79
Bubalus bubalis, 130
Bubalus depressicornis, 139, 173
Bubalus quarlesi, 130, 162
Bubulcus ibis, 21, 272
Buceros rhinoceros, 94
Buchanania sessilifolia, 31
Buergersiochloa, 88
Buergersiochloa bambusoides, 88
Burkholderia, 187, 188, 205
Butea monosperma, 222
Caesio cuning, 14
Calamagrostis brassii, 41
Calamus, 92
Calamus manan, 92, 249
Calamus melanoloma, 92
Calamoideae, 92
Calidris canutus, 58
Calidris ferruginea, 58
Calidris tenuirostris, 58
Calliandra calothyrsus, 202
Callyspongia, 52
Calophyllum, 28
Calophyllum canum, 36
Calophyllum carrii, 257
Calophyllum inophyllum, 26, 31
Calophyllum obliquinervium, 31
Calophyllum papuanum, 257
C. elegan, 31
C. pulcherrimum, 31
Calophyllum cf. *calcicola*, 28, 31
Calopogonium mucunoides, 234
Calospatha, 92
Camellia, 134
Campnosperma, 31
Campnosperma auriculatum, 23, 31
Campnosperma brevipetiolatum, 31
Campylobacter, 205
Canavalia gladiata, 163
Canavalia rosea, 25
Candida albicans, 53, 172
Candida rugosa, 168
Cantharellus, 78
Capsicum annuum, 138
Carcharinus sorrah, 50
Caridina caerulea, 71
Caridina cf. *rubella*, 35
Caridina dennerli, 71

Caridina ensifera, 71
Caridina glaubrechti, 62, 71
Caridina holthuisi, 71
Caridina lanceolata, 71
Caridina linduensis, 71
Caridina loehae, 71
Caridina longidigita, 71
Caridina profundicola, 71
Caridina sarasinorum, 71
Caridina spinata, 71
*Caridina spongicol*a, 71
Caridina striata, 71
Caridina woltereckae, 62, 71
Caridonax fulgidus, 57
Cassytha filiformis, 25
Castanopsis, 38
Casuarina equisetifolia, 26, 39, 223
Cataponera turdoides, 57
Cathormion umbellatum, 26
Caulerpa, 52
Ceiba, 183
Ceiba pentandra, 183
Celastraceae, 183
Celeus brachyurus, 238
Centrosema pubescens, 210
Ceratostylis latifolia, 166
Cerbera odollam, 31
Cerbera, 23
Ceriops, 19, 53
Cervus timorensis, 165
Cervus unicolor, 165
Cestrum aurantiacum, 204
Cetraria, 41
Channa micropeltes, 207
Charadrius leschenaultii, 58
Charadrius mongolus, 58
Chelonia mydas, 230
Chemotherapeutants, 176
Chenopodium, 222
Chenopodium album, 223, 238
Cherax, 62
Chimonobambusa, 88
Chimonobambusa quadrangularis, 86, 90, 204
Chitala lopis, 128
Chlamydomonas rheinhardii, 179
Chlamydophila, 205
Chlorella, 74, 178
Chlorella pyrenoidosa, 179
Chlorella vulgaris, 179
Chloris barbata, 25, 26
Chlorobi, 54
Chloropsis cochinchinensis, 238
Choriaster granulatus, 14
Chromolaena odorata, 202, 203, 209
Chroococcales, 54
Chrysopogon gryllus, 86
Cibotium barometz, 164
Ciconia episcopus, 21
Cinchona ledgeriana, 175
Cinchona rubra, 121
Citrullus, 223
Citrus aurantica, 165
Cittura cyanostis, 57
Clathria vulpina, 52
Clidemia hirta, 214
Climacium japonicum, 169
Clostridia, 54
Clostridium, 205, 275
Coccidioides, 205
Cocos nucifera, 92
Coeloccocus, 159
Coelostegia griffithii, 87
Coffea liberica, 121
Coffea robusta, 121
Coix lacryma-jobi, 137, 207
Coleus tuberosus, 168
Collybia, 77
Colocasia, 207

Colocasia esculenta var. *antiquorum*, 161
Colocasia esculenta var. *esculenta*, 160
Combretocarpus rotundatus, 31
Compositae, 183
Conocybe, 78
Convolvulaceae, 183
Coprosma brassii, 41
Coracornis raveni, 57
Corypha utan, 23, 36
Cotylelobium, 27
Cotylelobium lanceolatum, 28
Cowdria, 205
Coxiella, 205
Crateva, 183
Cratoxylum formosum, 28
Cratoxylum glaucum, 31
Crinia, 220
Crocodylus, 21
Crocodylus porosus, 22
Croton, 183
Crudia ripicola, 23
Cryptococcus, 205
Cryptophaps poecilorrhoa, 57
Cyrtostachys renda, 92
Curcuma aeruginosa, 173
Curcuma xanthorrhiza, 173
Cyanobacteria, 72, 77
Cyathea contaminans, 164
Cycas, 82
Cycas rumphii, 82
Cyclocheillichthys, 70
Cymbidium lancifolim, 166
Cymodocea rotundata, 53
Cymodocea serrulata, 53
Cynometra cauliflora, 164
Cynopterus brachyotis, 184
Cynopterus luzoniensis, 184
Cynopterus nusatenggara, 184
Cypraea annulus, 15
Cyprinus carpio, 207
Dacrycarpus compactus, 41
Dacrydium, 183
Dactylocladus stenostachys, 31
Dactyloctenium aegyptium, 25, 26
Daemonorops, 92
Dalbergia parviflora, 98
Dasyatis kuhlii, 50
Delonix regia, 121
Dendrobium, 166
Dendrobium dianae, 87
Dendrobium floresianum, 87
Dendrobium flos-wanua, 87
Dendrobium kelamense, 87
Dendrobium mucrovaginatum, 87
Dendrobium utile, 166
Dendrocalamus, 88, 90
Dendrocalamus asper, 88, 90, 91
Dendrocalamus membranaceus, 89
Dendrocopos macei, 238
Desulfatimicrobioium mahrescensis, 54
Desulfovibrio desulfuricans, 54
Diadema, 50
Diadema setosum, 15
Dialium, 145
Diaphorina citri, 208
Diaporthe, 177
Dicranum, 169
Dicrurus annectans, 238
Dicrurus hottentottus, 238
Dicrurus paradiseus, 238
Dillenia alata, 31
Dillenia celebica, 164
Dillenia serrata, 164
Dilleniaceae, 183
Dinochloa, 88, 90
Dinopium javanense, 238
Dipodium brevilabium, 87
Dioscorea, 166, 172, 207

Dioscorea alata, 165
Dioscorea hispida, 166
Diospyros, 31
Diospyros celebica, 148, 149, 257
Diospyros maritima, 26
Diplazium, 164
Diplocaulobium utile, 166
Dipodium brevilabium, 87
Dipterocarpaceae, 23, 26, 27, 28, 97, 256
Dipterocarpus, 26, 27
Dipterocarpus borneensis, 28
Dipterocarpus elongatus, 23, 28
Dipterocarpus littoralis, 249, 257
Dipterocarpus oblongifolius, 23
Dracontomelon dao, 23
Drosera, 28
Drosophila (Drosophila) baliensis, 65
Drosophila (Drosophila) barobusta, 65
Dryobalanops, 26
Duabanga, 183
Duabanga moluccana, 23
Dunaliella bioculata, 179
Dunaliella salina, 179
Durio, 140
Durio kutejensis, 140
Dyera polyphylla, 31
Durio zibethinus, 163, 183
Echinochloa frumentacea, 137
Egretta, 21
Ehrlichia, 205
Eichhornia crassipes, 209
Elaeidobius kamerunicus, 182
Elaeis guineensis, 92, 112, 121
Elaeocarpus, 23
Elephans maximus sumatranus, 118
Elettariospermum tapos, 145
Eleusine coracana, 137
Enhalus acoroide, 53
Enodes erythrophri, 57
Enterobacter, 187
E. cloacae, 170
Epilobium detznerianum, 41
Equisetum, 223
Eretmochelys imbricate, 14
Erianthus, 146
Ericaceae, 39, 41, 183
Erwinia, 187
Erysipelotrichia, 54
Erythrina, 203
Erythrura prasina, 232
Escherichia, 205
Eschericia coli, 153, 177, 224, 275
Eucalyptus, 29, 121, 148
Eucheuma, 52
Eugenia, 31, 183
Euglena gracilis, 179
Eulipoa wallacei, 57
Eumetroxylon, 159
Euphorbia hirta, 172
Euphorbiaceae, 23, 27, 38, 183
Euploea gamelia, 72
Eurhynchium riparioides, 169
Eusideroxylon zwageri, 23, 148, 149, 268
Eutrichomyias rowleyi, 57
Evernia, 78
Excoecaria agallocha, 26
Fabaceae, 98
Fagraea fagrans, 23
Falco cenchroides, 56
Falco longipennis, 56
Ficus, 23, 35
Ficus concinna, 37
Ficus schwarzii, 28
Ficus variegata, 28
Fimbribambusa, 88
Flavobacterium, 54, 187
Fontinalis antipyretica, 169
Fontinalis squamosa, 169

Francisella, 205
Frankia, 187
Freycinetia wamenaensis, 81
Frullania, 169
Frullania reimersii, 41
Fusarium oxysporumsp. cubense, 142
Gallus gallus, 162
Gambusia affinis, 207
Gammaproteobacteria, 192
Ganoderma lucidum, 78
Garcinia, 23, 31
Garcinia atroviridis, 145
Garcinia celebica, 140
Garcinia cuneifolia, 31
Garcinia dioica, 164
Garcinia hombroniana, 140
Garcinia malaccensis, 140
Garcinia mangostana, 140, 163
Garcinia parvifolia, 145
Garcinia penangiana, 140
Garcinia rigida, 31
Gelidium, 52
Geobacillus caldoproteolyticus, 54
Geomalia heinrichi, 57
Gigantochloa, 90
Gigantochloa apus, 90, 91
Gigantochloa atroviolacea, 91
Gigantochloa atter, 88, 90, 91
Gigantochloa maxima, 88
Gigantochloa hasskarliana, 112
Gigantochloa nigrociliata, 88
Gigantochloa pruriens, 90
Glochidion zeylanicum, 28
Gluta renghas, 23
Gluta rugulosa, 31
Glycine max, 138
Gnaphalium breviscapum, 41
Gnetum cuspidatum, 82
Gnetum gnemon, 82, 176
Gnetum latifolium, 82
Gonystylus, 96
Gonystylus acuminatus, 96
Gonystylus affinis var. *affinis*, 96
Gonystylus affinis var. *elegans*, 96
Gonystylus augescens, 96
Gonystylus bancanus, 31, 96, 148
Gonystylus borneensis, 96
Gonystylus brunnescens, 96
Gonystylus confusus, 96
Gonystylus consanguineus, 96
Gonystylus forbesii, 96
Gonystylus glaucescens, 96
Gonystylus keithii, 96
Gonystylus macrophyllus, 96
Gonystylus maingayi, 96
Gonystylus micranthus, 96
Gonystylus spectabilis, 96
Gonystylus velutinus, 96
Gonystylus xylocarpus, 96
Gossypium, 223
Gracilaria, 52
Gracula religiosa, 232, 237
Grammatophyllum scriptum, 166
Grewia eriocarpa, 36
Guadua, 88
Gymnopilus, 78
Gymnostoma nobile, 28
Gynotroches axillaris, 31
Gyrinops, 97
Habenaria multipartita, 166
Habenaria rumphii, 166
Habroptila wallacii, 57
Halcyon, 21
Halcyon cyanoventris, 232
Haliastur indus, 232
Halimeda, 52
Halodule pinifolia, 53
Halodule uninervis, 53

Halophila decipiens, 53
H. minor, 53
H. ovalis, 53
H. sulawesi, 53
Halophila spinulosa, 53
Hampala, 70
Heinrichia calligyna, 57
Helarctos malayanus, 118
Henosepilachna vigintioctopunctata, 210
Heritiera, 19
Hernandia nymphaeifolia, 26
Hibiscus, 183
Hibiscus tilliaceus, 26
Hidropus, 77
Hirundo rustica, 58
Histoplasma, 205
Holothuria, 13, 50
Holothuria atra, 15
Hopea, 27
Hopea ferruginea, 28, 31
Huia sumaterana, 69
Hylobates moloch, 55, 257
Hylocitrea bonensis, 57
Hypnea, 52
Hyptis capitata, 209
Ibis, 21
Ibis cinereus, 21
Ictinaetus malayensis, 232
Impatiens, 223
Impatiens kerinciensis, 81
Impatiens talakmauensis, 81
Imperata cylindrica, 206, 223
Imperata, 146
Inocybe, 78
Intsia, 31, 148
Intsia bijuga, 23, 31, 149, 249
Intsia palembanica, 23
Ipomoea gracilis, 26
Ipomoea pes-caprae, 25, 26, 223
Ischaemum muticum, 25, 26
Ixias balice, 72
Karstarma ardea, 35
Karstarma balicum, 71
Karstarma emdi, 71
Karstarma jacobsoni, 71
Karstarma microphthalmus, 71
Karstarma waigeo, 35
Klebsiella, 187, 188
Klebsiella pneumonia, 170
Koompassia malaccensis, 31
Korthalsia, 92
Kushneria, 187
Labeobarbus douronensis, 129
Lactarius, 78
Lactobacillus, 99, 168
Lactobacillus, 168, 169
Lactobacillus bulgaricus, 168, 169
Lactobacillus fermentum, 168
Lactobacillus plantarum, 168, 170, 177
Lansium plantarum, 170
Lantana camara, 214
Latimeria chalumnae, 16
Lecanora, 78
Lecanora conizaeoides, 223
Lentinus edodes, 78
Leopoldamys sabanus, 220
Lepisosteus osseus, 207
Lepraria, 78
Leptobarbus hoevanii, 128
Leptobrachium waysepuntiense, 68
Leptophryne cruentata, 69
Leptospira, 205
Leucopsar rothschildi, 57, 257, 260
Licania, 183
Limndoromus semipalmatus, 58
Limnocharis flava, 214
Limnodynastes, 220
Limosa lapponica, 58

Limosa limosa, 58
Linckia, 50
Linociera sp., 31
Liriomyza, 209
L. bryoniae, 206
Liriomyza huidobrensis, 206
Liriomyza sativae, 206
L. trifolii, 206
Listeria, 205
Litchii sinensis, 120
Lithocarpus, 23, 38
Litoria, 220
Litsea, 38
Litsea crassifolia, 31
Litsea garciae, 268
Lobaria pulmonaria, 78
Lobaria, 78, 223
Lonchura majadan, 232
Lonchura punctulata, 232
Loriculus pusillus, 232
Lumbricus, 220
Lumnitzera, 19
Lycocorax pyrrhopterus, 57
Maasia glauca, 31
Macaca, 55
Macaca fascicularis, 184, 207, 220
Macaca togeanus, 68
Macadamia hildebrandii, 164
Macaranga gigantea, 28
Macrobrachium poeti, 71
Macrobrachium rosenbergii, 71
Macrobrachium sintangense, 71
Macrobrachium spinipes, 71
Macrocephalon maleo, 57, 260
Macropus agilis, 206, 209
Madanga ruficollis, 57
Maesopsis eminii, 202, 210
Malia grata, 57
Malleola inflata, 87
Mangifera gedebi, 23
Mangifera indica, 139
Mangifera odorata, 139
Manihot esculenta, 121, 138
Marasmiellus, 77
Marasmius, 76, 77
Marasmius aurantiobasalis, 77
Marchantia polymorpha, 170
Maxomys rajah, 220
Maxomys surifer, 220
Maxomys whiteheadi, 220
Megalaima corvina, 238
Megalaima javensis, 232, 238
Megalaima lineata, 238
Meiglyptes tristis, 238
Melaleuca cajuputi, 148
Melaleuca leucadendra, 23
Melastoma malabathricum, 39, 214
Melastoma polyanthum, 28
Melipotes carolae, 68, 109
Melitograis gilolensis, 57
Melocanna, 88
Merceya, 169
Merremia peltata, 206
Methylarcula marina, 54
Methylobacillus flagellates, 54
Methylotenera mobilis, 54
Metroxylon sagu, 19, 92
Micrococcus luteus, 191
Microcos, 85
Microhyla orientalis, 58
Microsorum, 164, 205
Mielichhoferia elongata, 169
Mielichhoferia mielichhoferiana, 169
Mikania micrantha, 202
Milvus migran, 56
Mimosa, 183
Mimosa invisa, 214
Mimosa pigra, 214

Miroblatta baai, 34, 35, 67
Miscanthus, 146
Monascus, 153
Monascus purpureus, 153, 170, 177
Monotropa, 223
Mucor, 168, 170
Mucuna pruriens, 164
Musa, 141, 142, 143
Musa acuminata, 143, 144
Musa acuminata subsp. *banksii*, 143
Musa acuminata var. *acuminata*, 143
Musa acuminata var. *alasensis*, 143
Musa acuminata var. *bantamensis*, 143
Musa acuminata var. *breviformis*, 143
Musa acuminata var. *cerifera*, 143
Musa acuminata var. *flava*, 143
Musa acuminata var. *halabanensis*, 143, 144
Musa acuminata var. *longipetiolata*, 143
Musa acuminata var. *malaccensis*, 143, 144, 145
Musa acuminata var. *microcarpa*, 143
Musa acuminata var. *nakaii*, 143
Musa acuminata var. *rutilifes*, 143
Musa acuminata var. *sumatrana*, 143
Musa acuminata var. *tomentosa*, 143
Musa acuminata var. *zebrina*, 143
Musa balbisiana, 143, 144
Musa balbisiana var. *balbisiana*, 143
Musa balbisiana var. *liukiuensis*, 143
Musa purpureus, 153
Mycobacterium, 205
Mycoplasma, 205
Mymecophytes, 28
Myrialepis, 92
Myrmecodia, 28
Myrmeconauclea strigosa, 23
Myrtaceae, 23, 27
Mystacoleucus padangensis, 70, 128
Mystus planices, 128
Nageia, 82
Nageia wallichiana, 82
Nardia, 169
Narenga, 146
Nasalis, 22
Nasalis larvatus, 21, 257
Nastus, 90
Nastus elegantissimus, 90
Nauclea coadunata, 31
Nauclea orientalis, 28
Nautilothelphusa zimmeri, 71
Nectarinia calcostetha, 238
Nemacheilus fasciatus, 35
Neolamarckia cadamba, 23
Neolitsea, 38
Neololeba, 88
Neonauclea excelsa, 28
Neonauclea purpurea, 23
Neottia, 223
Neoscortechinia kingii, 28
Nepenthes, 28
Nephelium lappaceum, 163
Nephelium ramboutan-ake, 31, 164
Nephelium unicatum, 164
Nephia, 146
Nephrolepis, 164
Nesolagus netscheri, 132
Neurospora sitophila, 168
Neyrudia, 146
Nicotiana tabacum, 121
Nitrobacter, 53
Nitrosomonas, 53
Niviventer cremoriventer, 220
Nomia, 183
Nomorhamphus cf. *brembachi*, 70
Numenius arquata, 58
Numenius phaeopus, 58
Nycticebus javanicus, 54
Nypa fruticans, 19, 29
Oceanobacter kriegii, 191

Oceanopias, 52
Ochrobacterium intermedium, 191
Ophiothrix, 50
Oreochromis mossambicus, 207
Oreochronis mossambicus, 234
Oreornis chrysogenys, 57
Oryza glaberrima, 136
Oryza glumaepatula, 136
Oryza longistaminata, 136
Oryza meridionalis, 136
Oryza nivara, 136
Oryza rufipogon, 136
Oryza sativa, 135, 136
Oryza sativa subsp. *indica*, 136
Oryza sativa subsp. *japonica*, 136
Oryzias matanensis, 70
Osmoxylon borneense, 23
Osteochilus brachynopterus, 70
Otomops johstonei, 68
Otus jolandae, 68
Otatea, 88
Oxyeleotris heterodon, 128
Padda oryzivora, 232
Padina, 52
Paenibacillus polymixa, 191
Paguristes antennarius, 16
P. aciculus, 16
Palaquium, 31
Palaquium cochleariifolium, 31
Palaquium leiocarpum, 31
Palaquium obovatum, 31
Panaeolus, 78
Pandanus dubius, 26
Pandanus epiphyticus, 27
Pandanus, 23
Pandanus tectorius, 26
Pangasius jambal, 130
Panicum miliaceum, 137
Panicum, 223
Paphiopedilum, 166
Papilio lampsacus, 72
Papuacedrus papuan, 41
Parabambusa, 88
Paracoccus marginatus, 203
Paradoxurus hermaphroditus, 184
Parashorea, 27
Parastemon urophyllus, 31
Parathelphusa ceophallus, 71
Parathelphusa ferruginea, 71
Parathelphusa linduensis, 71
Parathelphusa pantherina, 71
Parathelphusa possoensis, 71
Parathelphusa sarasinorum, 71
Paratherina striata, 70
Paratherina wolterickí, 70
Paratrechina longicornis, 208
Parkia spesiosa, 163
Parkia, 184
Parmarion pupillaris, 207
Parmelia, 78
Parmotrema tinctorum, 223
Passiflora foetida, 203
Passiflora suberosa, 204
Penicillium, 191
Penicillium roqueforti, 168
Pennisetum, 137
Pennisetum purpureum, 36
Pernis ptylorhynchus, 656
Persea, 183
Petrosia, 52
Phaffia rhodozyma, 168
Phalaenopsis, 166
Phalanger rothschildi, 68
Phaseolus radiata L., 138
Philautus jacobsoni, 69
Phoebe, 38
Phacelophrynium maximum, 268
Phyllanthus emblica, 36

Phyllocladus hypophyllus, 39
Phyllostachys, 88
Phyllostachys aurea, 88, 99
Phyllostachys bambusoides, 90
Physcia, 78
Picrasma javanica, 174
Pigafetta elata, 92
Pinaceae, 82, 183
Pinna muricata, 15
Pinga, 88
Pinus, 42, 223, 248
Pinus nigra, 223
Piper aduncum, 209, 215
Piper sarmentosum, 206
Plantago aundensis, 41
Platax teira, 14
Platycerium, 164
Plectocomia, 92
Plectocomia elongata, 84
Pleioblastus, 88
Pleurotus ostreatus, 78, 168
Ploceus hypoxanthus, 232
Ploceus manyar, 232
Ploceus philippinus, 232
Ploiarium alternifolium, 31
Pluteus, 78
Pluvialis fulva, 58, 272
Pluvialis squatarola, 58
Poa callosa, 41
Podocarpus neriifolius, 82
Podocarpus polystachyus, 82
Pogonatherum paniceum, 23
Pogonatum, 169
Pohlia, 169
Polygonum, 222
Polytrichum, 223
Pomacea canaliculata, 207
Pomacea insularum, 206
Pometia pinnata, 23
Pongamia pinnata, 26
Popillia japonica, 203
Porphyridium cruentum, 179
Pragmites karka, 23
Presbytis fredericae, 54
Presbytis melalophos, 54
Presbytis potenziani, 68
Prionochilus thoracicus, 238
Prymnesium parvum, 179
Pseudoalteromonas, 54
Pseudomonas, 53, 54, 170, 185, 187, 188
Pseudomonas aeroginosa, 191
Pseudomonas chronellolis, 191
Pseudosasa, 88
Pseudosindora palustris, 31
Psidium guajava, 215
Psilocybe, 78
Psopocarpus tetragonolobus, 163, 164
Psychedelics, 78
Pternandra azurea, 85
Pterygoplichthys pardalis, 207
Pycnonotus melanicterus, 238
Quadrastichus erythrinae, 203, 209
Quassia indica, 174
Quercus, 38
Racemobambos, 88, 90
Racomitrium crispulum, 41
Rafflesia, 120, 257
Rafflesia arnoldii, 94, 95
Rafflesia atjehensis, 95
Rafflesia bengkuluensis, 95
Rafflesia borneensis, 95
Rafflesia ciliata, 95
Rafflesia gadutensis, 95
Rafflesia hasseltii, 95
Rafflesia lawangensis, 95
Rafflesia meijeri, 95
Rafflesia micropylora, 95
Rafflesia patma, 95, 96, 120

Rafflesia pricei, 95
Rafflesia rochusenii, 95
Rafflesia witkampii, 95
Rafflesia tuanmudae, 95
Rafflesiaceae, 94
Ramalia, 78
Ramalina farinacea, 223
Ramalina fraxinea, 223
Rana crassiovis, 69
Ranunculus, 41
Rapanea, 41
Rattus argentiventer, 220
Rattus exulans, 220
Rattus rattus, 220
Remirea maritima, 25, 26
Renanthera moluccana, 166
Rhacophorus achantharrhena, 69
Rhacophorus bifascitus, 69
R. catamitus, 69
Rhacophorus margaritifer, 69
R. poecilonotus, 69
Rhizobium, 28, 105, 116, 186, 187, 188
Rhizobium miluonense, 188
Rhizobium tropici, 188
Rhizophora, 19, 20, 53
Rhizophora mucronata, 19, 223
R. stylosa, 19
Rhizopora apiculata, 19
Rhizopus, 168
Rhizopus arrhizus, 165
Rhizopus oryzae, 168
Rhizopus stolonifer, 168
Rhodendron sp., 39
Rhodobryum, 169
Rhodococcus pyridinivorans, 191
Rhodococcus, 187, 188
Rhododendron, 39, 223
Rhododendron correoides, 41
Richettsia, 205
Rousettus amplexicaudatus, 35
Rubus, 145
Rumex acetosa, 223
Ruppia maritima, 53
Rusa timorensis, 206, 265
Russula, 78
Rytidosperma oreoboloides, 41
Saccharomyces cerevisiae, 168
Saccharopolyspora flava, 169
Saccharum barberi, 146
Saccharum edule, 146
Saccharum officinarum, 146
Saccharum robustum, 23, 146
Saccharum sinensis, 146
Saccharum spontaneum, 146
Salacia, 183
Salix alba, 223
Salmonella, 205
Santalum album, 148, 149
Saprolegnia, 53
Saraca declinata, 23
Sarax monodenticulatus, 35
Sarcophyton, 14
Sarcotheca diversifolia, 164
Sargassum, 52
Saurauia oligolepis, 23
Scapania undulata, 169
Scenedesmus dimorphus, 179
Scenedesmus obliquus, 179
Scenedesmus quadricauda, 179
Schefflera, 27
Schistochila blumei, 79
Schizostachyum, 88, 90
Scissirostrum dubium, 57
Scleropages jardinii, 130
Sclerostachya, 146
Scolia, 183
Scurrula artropurpurea, 174, 175
Sea ferox, 67

Semiarundinaria, 88
Semioptera wallacei, 57
Senecio sp., 41
Serratia, 187
Setaria italica, 137
Shewanella, 54
Shibataea, 88
Shorea, 26, 27, 149, 268
Shorea balangeran, 31
S. beccariana, 28
S. brunnescens, 28
S. compressa, 149
Shorea laevis, 27
Shorea macrophylla, 23
S. materialis, 28
Shorea ovata, 23
Shorea pinanga, 23
Shorea rugosa, 28
Shorea scaberrima, 28
Shorea seminis, 23, 149
Shorea stenoptera, 23
Shorea teysmaniana, 31
Smilax macrocarpa, 145
Solanum, 139, 172
Solanum ajanhuiri, 139
Solanum goniocalyx, 139
Solanum phureja, 139
Solanum stenotomum, 139
Solanum tuberosum, 139
Solanum x *chauca*, 139
Solanum x *curtilobum*, 139
Solanum x *juzepczukii*, 139
Sonneratia, 19, 53
Sonneratia caseolaris, 23
Sorghum bicolor, 158
Spatholobus, 27
Spathoglottis plicata, 166
Sphaerobambos, 88
Sphagnum, 40, 169, 223
Spilornis cheela, 232, 265
Spinifex littoreus, 25, 26
Spirogyra, 179
Spirulina maxima, 179
Spirulina platensis, 179
Staphylococcus aureus, 172, 178
Staphylococcus, 205
Stemonorus sp., 31
Stemonurus secundiflorus, 28
Stenotrophomonas maltophilia, 191
Sticta, 78
Streptococcus, 205
Streptococcus thermophilus, 168
Streptomyces, 99, 187, 188
Streptomyces badius, 177
Streptomyces calvus, 191
Streptomyces hygroscopicus, 177
Streptomyces malayensis, 170
Streptomyces misakiensis, 177
Streptomyces narbonensis, 177
Streptomyces tricolor, 177
Sturnus contra, 232, 237, 272
Sturnus melanopterus, 232
Stylophora, 53
Styphelia suaveolens, 41
Sulfitobacter, 54
Sulfobaccilus, 54
Sulfobacillus themmosulfidoozidan, 54
Sundacarpus amarus, 82
Sus scrofa, 132, 162
Swietenia mahagoni, 204
Symphyllia, 53
Synechoccus, 179
Synergistia, 54
Syntripsa flavichela, 71
Syntripsa matannensis, 71
Syringodium isoetifolium, 53
Syzygium, 23, 183
Syzygium aromaticum, 147

Syzygium cumini, 145
Tabernaemontana sphaerocarpa, 85
Tacca, 134, 166, 167
Tacca leontopetaloides, 158
Tachypleus gigas, 50
Tamarindus indica, 36
Tectona grandis, 148, 201, 204
Tekmatherina prognatha, 70
T. abendanoni, 70
T. celebensis, 70
T. obscura, 70
T. opudi, 70
T. sarasinorum, 70
T. wahyuni, 70
Telmatherina antoniae, 70
Tephrozosterops stalkeri, 57
Terminalia canaliculata, 31
Terminalia catappa, 26
Terminalia complanata, 31
Terminalia copelandi, 31
Termitomyces, 78
Ternstroemia aneura, 28, 31
Tetramolopium ericoides, 41
Tetramolopium klosii, 41
Tetramolopium piloso-villosum, 41
Tetraselmis maculata, 179
Thalassia hemprichii, 53
Tetrastigma, 94
Thamnomalia tumidicaulis, 41
Themeda arguens, 36
Themeda gigantea, 23, 36
Thermoactinomyces vulgaris, 54
Thermobaculum terrenum, 54
Thermomonospora chromogena, 54
Thiobacillus, 53
Thuya, 223
Tominanga aurea, 70
Tominanga sanguicauda, 70
Tor douronensis, 130, 129
T. sorro, 130
Tor tambra, 129
Tor tambroides, 129
Trachipithecus cristatus, 55
Tragia lassia, 112
Trematodon, 169
Treron curvirostra, 238
Treron oxyura, 232, 238
Treron sphenura, 238
Treron vernans, 238
Treubia insignis, 79
Trichoderma harzianum, 178, 191
Trichoderma, 185, 188
Trichophyton, 205
Trichophyton rubrum, 53
Tridacna gigas, 16
Trigona, 182
Trimezia martinicensis, 214
Tringa stagnatilis, 58
Tringa totanus, 58
Tristaniopsis obovata, 31
Tristaniopsis whiteana, 31
Triticum aestivum, 138
Triticum compactum, 138
Tubipora, 53
Tyto almae, 68
Thymelaeaceae, 38, 97
Thyrsostachys, 88
Ulva, 52
Uncaria, 27
Upuna, 27
Usnea, 78, 223
Usnea barbata, 38
Usnea dayspoga, 78
Utricularia, 28
Vaccinium, 39
Vaccinium varingiaefolium, 41
Vanda, 166
Vanda frankieana, 87

Vanilla abundiflora, 166
Vanilla planifolia, 166
Varanus doreanus, 59
Varoa jacobsoni, 66
Vatica, 27
Vatica oblongifolia, 31
Vatica rassak, 31
Vatica umbonata, 28
Verbena, 222
Vernonia, 222
Vernonia arborea, 28
Vesicularia, 169
Vetiveria, 146
Vibrio, 54, 205
Vibrio eltor, 178
Vigna marina, 25
Vigna unguiculata, 164
Vitaceae, 38
Vitex pinnata, 28
Volvariella volvacea, 78, 168
Willughbeia, 45
Xanthomonas, 187
Xanthoria parientina, 223
Xanthosoma, 168
Xanthosoma sagitifolium, 161
Xenopoecilus sarasinorum, 234
Xestospongia, 52
Xylocopa, 182
Zea mays, 121, 137
Zetaproteobacteria, 54
Zosterops somadikartai, 68
Zoysia matrella, 36
Zyzypus jujuba, 36

DAFTAR KONTRIBUTOR

PELINDUNG

1. Ketua Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI): Prof. Dr. Lukman Hakim
2. Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala Bappenas: Prof. Dr. Armida S. Alisjahbana
3. Menteri Lingkungan Hidup: Prof. Dr. Balthasar Kambuaya, M.B.A.

PENANGGUNG JAWAB

1. Sekretaris Utama-LIPI: Dr. Siti Nuramaliati Prijono

PENGARAH

1. Deputi Ilmu Pengetahuan Hayati-LIPI: Prof. Dr. Enny Sudarmonowati
2. Deputi Bidang Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup, Bappenas: Dr. Endah Murniningtyas
3. Deputi Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan dan Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup: Ir. Arief Yuwono, M.A.

TIM TEKNIS (*PROJECT BOARD*)

1. Kepala Pusat Penelitian Biologi-LIPI: Dr. Ir. Witjaksono, M.Sc.
2. Direktur Lingkungan Hidup, Bappenas: Ir. Wahyuningsih Darajati, M.Sc.
3. Asisten Deputi Keanekaragaman Hayati dan Pengendalian Kerusakan Lahan, KLH: Ir. Antung Deddy Radiansyah, M.P.

ANGGOTA TIM TEKNIS

1. Prof. Dr. Rosichon Ubaidillah, M.Phill (LIPI)
2. Prof. Dr. Ibnu Maryanto (LIPI)
3. Dr. Joeni Setijo Rahajoe, M.Sc. (LIPI)
4. Dr. Sudhiani Pratiwi (Kementerian PPN/Bappenas)
5. Ersa Herminda, S.Hut, M.Sc. (Kementerian PPN/Bappenas)
6. Fathoni, S.Sos (Kementerian PPN/Bappenas)
7. Dra. Vidya Sari Nalang, M.Sc. (KLH)
8. Bambang Nooryanto, S.P. (KLH)

EDITOR

1. Prof. Dr. Elizabeth A. Widjaja
2. Prof. Dr. Yayuk Rahayuningsih
3. Prof. Dr. Rosichon Ubaidillah, M. Phill
4. Prof. Dr. Ibnu Maryanto
5. Dr. Joeni Setijo Rahajoe, M.Sc.

REVIEWER

1. Prof. Dr. Eko Baroto Walujo
2. Prof. Dr. Gono Semiadi

COPY EDITOR

1. M. Fadly Suhendra, S.Ikom.
2. Sarwendah Puspita Dewi, S.Hum.
3. Risma Wahyu Hartiningsih, S.S.
4. Martinus Helmiawan, S.Hum.

PROOFREADER

1. Prapti Sasiwi, S.Kom.

PENATA ISI

1. Dr. Ruliyana Susanti
2. Eko Sulistyadi, M.Si.
3. Rahma Hilma Taslima, A.Md.
4. Ariadni, A.Md.

DESAIN SAMPUL

1. Deden Sumirat Hidayat, S.Sos.

ILUSTRASI

1. Rusli Fazi, S.Sn.

DAFTAR KONTRIBUTOR

LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA

No.	Nama	Spesialisasi
1	Abdulrohkman Kartonegoro, S.Si., M.Si.	Taksonomi Tumbuhan (Melastomataceae)
2	Achmad Dinoto, Dr.,M.Sc.	Mikrobiologi Sistem Pencernaan
3	Agus Hadiat Tjakrawidjaya, Drs.	Taksonomi Hewan (Ikan air tawar)
4	Ahmad Jauhar Arief, Ir., M.Sc.	Ekologi (Moluska)
5	Amir Hamidi, Dr.	Taksonomi Hewan (Herpetologi)
6	Andrea Agusta, Dr.	Fitokimia
7	Arief Hidayat, S.Si., M.Si.	Taksonomi Tumbuhan (Paku-pakuan)
8	Ary P. Keim Dr., M.Sc.	Taksonomi Tumbuhan (Arecaceae and Pandanaceae)
9	Asep Sadili, S.Si.	Ekologi Hutan
10	Atik Retnowati, Dr.	Taksonomi Jamur (Agaricales)
11	Awal Riyanto, S.Si.	Taksonomi Hewan (Herpetologi dan Agamide)
12	Awit Suwito, Dr.	Taksonomi Hewan (Serangga)
13	Bambang Sunarko, Dr., rer., nat.	Mikrobiologi, Biokimia
14	Bayu Arief Pratama, S.Hut.	Ekologi Hutan
15	Cahyo Rahmadi, Dr.	Taksonomi Hewan (Arachnida)
16	Conny M. Sidabalok, M.Sc.	Taksonomi Hewan (Crustaceae)
17	Daisy Wowor, Dr.	Taksonomi Hewan (Crustaceae)
18	Danang Wahyu Purnomo, M.Sc.	Ekologi Tumbuhan
19	Deby Arifiani, Dr.	Taksonomi Tumbuhan (Lauraceae)
20	Deden Girmansyah, S.Si., M.Si.	Taksonomi Tumbuhan (Begoniaceae)
21	Destario Metusala	Taksonomi Tumbuhan (Orchidaceae)
22	Dewi Citra Murniati, M.Si.	Anatomi Hewan
23	Dewi Malia Prawiladilaga, Dr.	Taksonomi Hewan (Burung)
24	Dewi, S.Si.	Taksonomi Jamur (Polyporales)
25	Diah Sulistiarini, M.Si.	Taksonomi Tumbuhan (Orchidaceae)
26	Dian Latifah	Taksonomi Tumbuhan (Amorphophallus dan Rafflesia)
27	Didik Widyatmoko, Dr.	Konservasi Tumbuhan
28	Djunijanti Peggie, Dr., M.Sc.	Taksonomi Hewan (Kupu-kupu)
29	Dwi Eny Djoko Setyono, Prof., Dr.	Oseanologi
30	Dwi Susilaningsih, Dr.	Bioteknologi (Algae)
31	Edi Mirmanto, Dr.	Ekologi Hutan (Dinamika hutan)
32	Edy Nasriadi Sambas, M.Forest. Dr.	Ekologi Hutan dan Konservasi
33	Eka Fatmawati Tihurua, S.Si.	Anatomi dan Morfologi Tumbuhan
34	Eko Baroto Walujo, Prof., Dr.	Etnobotani
35	Eko Sulistyadi, M.Si.	Ekologi (Mamalia)
36	Elizabeth Anita Widjaja, Prof., Dr.	Taksonomi Tumbuhan (Poaceae (Bambusoideae))
37	Endang Purwaningsih, Ir.	Taksonomi Hewan (Helminth dan Trematoda)
38	Erniwati, Dra.	Taksonomi Hewan (Serangga)

No.	Nama	Spesialisasi
39	Evy Ayu Arida, Dr.	Taksonomi Hewan (Herpetologi)
40	Fauzan Ali, Dr.	Limnologi
41	Florentina Indah Windadri, Dra.	Taksonomi Lumut (Musci)
42	Gono Semiadi, Prof., Dr.	Fisiologi Mamalia
43	Hari Sutrisno, Dr.	Taksonomi Hewan (Serangga)
44	Harry Wiriadinata, Dr.	Taksonomi Tumbuhan (Fabaceae)
45	Hari Nugroho, M Si.	Taksonomi Hewan (Serangga)
46	Haryono, M.Si.	Taksonomi Hewan (Ikan air tawar)
47	Hellen Kurniati, Dra.	Taksonomi Hewan (Herpetologi (Reptile and Lacertiana))
48	Herwasono Soedjito, Dr.	Ekologi Hutan dan Manusia
49	Heryanto, Ir., M.Sc.	Taksonomi Hewan (Moluska)
50	Himmah Rustiami, Dr.	Taksonomi Tumbuhan (Arecaceae)
51	Ibnu Maryanto, Prof., Dr.	Taksonomi dan Biogeografi (Mamalia)
52	Ida Haerida, S.Si., M.Si.	Taksonomi Lumut (Hepaticae)
53	Ina Erlinawati, S.Si., M.Si.	Taksonomi Tumbuhan (Araceae)
54	Inge Larashati, Dra., M.Si.	Ekologi Hutan dan Regenerasi
55	Irawati, Dr.	Taksonomi Tumbuhan (Orchidaceae)
56	Irvan Sidik, M.Si.	Taksonomi (Herpetologi dan Testudinata)
57	Joeni Setijo Rahajoe, Dr., M.Sc.	Produktivitas Hutan, Ekofisiologi Tumbuhan
58	Joko R. Witono, Dr.	Konservasi Tumbuhan
59	Kartini Kramadibrata, Dr.	Taksonomi Jamur (Glomeromycota)
60	Kusuma Dewi Sri Yulita, Dr.	Genetika Tumbuhan
61	Laode Alhamd, Dr.	Ekologi Hutan dan Produktivitas
62	Lina Susanti Juswara, Dr.	Taksonomi Tumbuhan (Orchidaceae)
63	Lulut D. Sulistyaningsih, S.Si., M.Si.	Taksonomi Tumbuhan (Musaceae)
64	Maharadatunkamsi, Ir., M.Sc.	Taksonomi Hewan (Mamalia)
65	Marlina Ardiyani, Dr.	Taksonomi Tumbuhan (Zingiberaceae)
66	Mohammad Irham, M.Sc.	Taksonomi Hewan (Burung)
67	Muhammad Mansur, Drs., M.Sc.	Ekologi Hutan (Nephenthes)
68	Mulyati Rahayu, Dra.	Etnobotani
69	Mumpuni, Ir.	Taksonomi (Herpetologi)
70	Nanda Utami, Dr.	Taksonomi Tumbuhan (Balsaminaceae)
71	Nur Rohmatin Isnaningsih S.Si.	Taksonomi Hewan (Moluska)
72	Purwaningsih, Dra.	Ekologi Hutan
73	Rani Asmarayani, M.Si.	Taksonomi Tumbuhan (Piperaceae)
74	Razali Yusuf, Drs.	Ekologi Hutan, Suksesi Hutan
75	Renny Kurnia Hadiaty, Dr.	Taksonomi Hewan (Ikan air tawar)
76	Ridha Mahyuni, M.Sc.	Taksonomi Tumbuhan (Raflesiaceae dan Rubiaceae)
77	Ristiyanti M. Marwoto, Ir., M.Si.	Taksonomi Hewan (Moluska)
78	Rochadi Abdulhadi, Prof., Dr.	Ekologi Hutan, Regenerasi Hutan
79	Rosichon Ubaidillah, Prof., Dr.	Taksonomi Hewan (Serangga)
80	Rosniati A. Risna, M.Si.	Konservasi Tumbuhan
81	Ruddy Polosakan, Ir.	Ekologi Hutan

No.	Nama	Spesialisasi
82	Rugayah, Dr.	Taksonomi Tumbuhan (Cucurbitaceae dan Annonaceae)
83	Ruliyana Susanti, Dr.	Ekologi Hutan
84	Sarjiya Antonius, Dr.,rer.,nat	Biokimia Mikroorganisme
85	Sigit Wuryantoro, M Sc.	Taksonomi Hewan (Burung)
86	Sih Kahono, Dr., M.Sc.	Ekologi (Serangga)
87	Siti Nuramaliyati Prijono, Dr.	Fisiologi hewan
88	Siti Sunarti, Dra.	Taksonomi Tumbuhan (Myrtaceae)
89	Siti Sundari, Dr.	Ekologi
90	Siti Susiarti, Ir.	Etnobotani (Etnomedicine)
91	Sofi Mursidawati	Taksonomi Tumbuhan (Amorphophallus dan Raflesia)
92	Sri Hartini, Dr., Ir., M.Si.	Taksonomi Hewan (Acarine dan Macrocheli-dae)
93	Sri Sulandari, Dr.	Hidupan Liar (Genetika)
94	Suhardjono, Drs.	Ekologi Hutan (Mangrove)
95	Suharsono, Prof., Dr.	Oseanologi
96	Sunaryo, Dr.	Morfologi dan Anatomi Tumbuhan
97	Tukirin Partomihardjo, Prof., Dr.	Ekologi Hutan dan Biogeografi
98	Tutie Djarwaningsih, M.Si.	Taksonomi Tumbuhan (Euphorbiaceae)
99	Wardah, Dra.	Etnobotani (Etnomedicine)
100	Wita Wardani, M.Sc.	Taksonomi Tumbuhan (Paku-pakuan)
101	Woro Anggraitoningsih, Dr.	Ekologi (Coleoptera)
102	Yayuk Rahayuningsih, Prof., Dr.	Taksonomi Hewan (Collembola)
103	Yessi Santika, S.Si., M.Si.	Taksonomi Tumbuhan (Vitaceae)
104	Yuyu S. Poerba, Dr.	Pemuliaan Tumbuhan dan Genetika Tumbuhan

INSTANSI PEMERINTAH

No.	Institusi	Nama
1	Dit. LH-Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)	Sudhiani Pratiwi, Dr. Ersa Herminda, S.Hut, M.Sc. Fathoni, S.Sos.
2	Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH)	Bambang Nooryanto, Ir.
3	Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH)	Vidya Sari Nalang, Dra., M.Sc.
4	Seameo Biotrop	Soekisman Tjitrosemito, Dr. (IAS specialist)
5	Balai Besar Litbang Bioteknologi & Sumber Daya Genetik Pertanian (BB-Biogen)	
6	Balai Penelitian Buah Tropika (Balitbu Tropika)	
7	Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri)	
8	Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (Balitjestro)	
9	Balai Penelitian Tanaman Palma (Balitpalma)	
10	Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balittro)	
11	Balai Penelitian Ternak (Balitnak)	
12	Balai Pusat Penelitian Tanaman Padi	
13	BPPL-KKP	
14	Dit.Sumber Daya Ikan, Dirjen Perikanan Tangkap	

15	Pusat Pembibitan Ternak Unggul Sembawa (PPTU Sembawa)
16	Pusat Penelitian Karet PPPK
17	Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia

UNIVERSITAS

No.	Institusi	Nama
1	SITH, Institut Teknologi Bandung	Djoko Iskandar, Prof. Dr.
2	KSHE, Intitut Pertanian Bogor	Mirza D. Kusrini, Dr.
3	Universitas Nasional	Fachruddin Mangunjaya, Dr. M.Si.
4	Universitas Mulawarman	Yaya Rayadin, Dr.
5	Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor	Kadarwan Soewardi, Prof. Dr. Ir. Luky Adrianto, Dr. M.Sc. Ir. Niken T.M. Pratiwi, Dr. Ir. Yusli Wardiatno, Dr. Ir.

LEMBAGA SWADAYA MASYARAKAT

No.	Institusi	Nama	Spesialisasi
1	Aliansi Masyarakat Adat Nasional (AMAN)		
2	Asian Wetlands Bureau (AWB)	I.N. Suryadiputra, Ir.	Ekologi Perairan Darat
3	Burung Indonesia	Jihad J. Djawarai FP Amama	Taksonomi Hewan (Burung)
4	Conservation Indonesia (CI) Indonesia Program		
5	Flora Fauna International (FFI) Indonesia Program	Hariyo T. Wibisono	Tiger Specialist
		Ady Kristanto	Ornithologist
		Andri Irawan	Herpethologist
		Arief Hamidi	Botanist
		Irene Margaretha	Keanekaragaman Hayati
		Joseh Adiguna	Carbon/GIS Specialist
		Mahendra Primajati	GIS Specialist
		Sephy Noerfahmy	Mammalogist
6	Forum HarimauKita	Hariyawan Agung Wahyudi	Biodiversity Specialist
7	Wetland International		
8	Wildlife Conservation Society (WCS) Indonesia Program		
9	World Wildlife Fund (WWF)	Ambang Widjaja Chairul Saleh Angga Prathama Putra	
10	Yayasan KEHATI		
11	Zoological Society of London (ZSL)-Indonesia	Andjar Rafiastanto Ligaya Tumbeleka Karmele Llano Sanchez Dudy Kurnia Nugroho E. Wilianto	Biodiversity Specialist Veterinary Wildlife Vet Spatial and Environment Management
12	IFAD	A.M. Siregar	Biologi Laut