Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan

Otto Soemarwoto

RIA

PENERBIT DJAMBATAN



OTTO SOEMARWOTO

Lahir di Purwokerto 19 Pebruari 1926. Tahun 1954 menyelesaikan pendidikan sarjana pertanian pada Universitas Gadjah Mada (UGM) dengan *Cum Laude*. Tahun 1960 meraih gelar Doctor of Philosophy dari University of California, Berkeley. Tahun 1960-1964, Gurubesar di Fakultas Pertanian UGM. Tahun 1964-1972, Direktur Lembaga Biologi Nasional Bogor. Pendiri dan Direktur pertama *Southeast Asian Ministers of Education Organization* (SEAMEO) *Regional Center for Tropical Biology* (BIOTROP), Bogor. Sejak tahun 1972 menjadi Gurubesar pendiri dan Direktur Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran. Tahun 1980 menjadi Gurubesar tamu University of California, Berkeley. Sejak tahun 1971 aktif sebagai anggota berbagai lembaga internasional ilmiah tentang lingkungan yang berkedudukan antara lain di New York/London, Paris, Morges (Swiss), Bangkok, Manila, Gland (Swiss), Washington D.C. Sejak tahun 1963 aktif sebagai anggota berbagai perhimpunan ilmiah di Indonesia, Amerika Serikat dan Negeri Belanda. Sejak tahun 1974 aktif sebagai anggota Dewan Redaksi berbagai majalah ilmu yang berkedudukan di Zurich (Swiss), dan Den Haag (Negeri Belanda). Mendapat anugerah penghargaan *Bintang Mahaputera Utama* (1981), *Satyalencana Karya Satya Klas I* (1981), *Satyalencana Dwidya Sistha* (1981), *Order of the Golden Ark* (1982, dari kerajaan Belanda), Global 500, UNEP (1988), Anugerah Adam Malik (1991), Anugerah Hamengku Buwono IX, Universitas Gadjah-Mada (1994), Doktor Honoris Causa in Agricultural and Environmental Sciences, Wageningen Agricultural Universiy, Netherlands. Menulis artikel tentang lingkungan diberbagai media, baik yang terbit di Indonesia maupun di luar negri. Bukunya JARING-JARING KEHIDUPAN mendapat penghargaan dari Yayasan Buku Utama sebagai buku terbaik 1982 bidang non-fiksi, dan buku EKOLOGI LINGKUNGAN HIDUP DAN PEMBANGUNAN ini mendapat penghargaan dari Yayasan Buku Utama sebagai buku terbaik 1983 bidang Sains dan Matematika Kelompok Remaja.

DJAMBATAN

ISBN 979-428-424-6

PUS

PELANGGARAN TERHADAP UNDANG-UNDANG HAK CIPTA

Pasal 44

(1) Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 100.000.000,– (seratus juta rupiah).
(2) Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 50.000.000,– (lima puluh juta rupiah).

Untuk istriku
Idjah
yang telah memberi
inspirasi dan dorongan
penulisan buku ini

Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan

Oleh

Otto Soemarwoto

Guru Besar Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam

dan

Kepala Pusat Penelitian Sumberdaya Alam dan Lingkungan
(Lembaga Ekologi)
Universitas Padjadjaran
Bandung

Guru Besar Luar Biasa Ekologi Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Gadjah-Mada
Yogyakarta

Guru Besar Luar Biasa Ekologi Manusia
Pascasarjana Bidang Antropologi
Fakultas Sastra
Universitas Indonesia
Jakarta

Guru Besar Luar Biasa Ekologi Pembangunan
Institut Ilmu Pemerintahan
Jakarta

PENERBIT DJAMBATAN

Copyright © pada Djambatan
Anggota IKAPI
Cetakan pertama 1983
Cetakan kedua 1985
Cetakan ketiga 1987
Cetakan keempat 1989
Cetakan kelima 1991
Cetakan keenam (edisi revisi) 1994
Cetakan ketujuh (edisi revisi) 1997
Cetakan kedelapan 1999
Cetakan kesembilan 2001

Sumarwoto, Otto, 1926-
Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan/oleh Otto Soemarwoto. – Ed., ke-9. – Jakarta: Djambatan, 2001.
xiii, 381 hlm. : ilus. ; 21 cm.

ISBN 979-428-424-6

1. Ekologi 2. ekologi alam I. Judul.

574.5

Foto-foto:
Y. Hayashi, halaman 5.
Pikiran Rakyat halaman 7,74,137.
Otto Soemarwoto halaman 25, 29, 31, 32, 39, 52, 60, 106, 150, 176, 181, 182, 189, 191, 205, 223, 225, 227, 230, 232, 233, 238, 241, 245, 250, 271, 284, 291, 299, 301, 314, 320, 322, 338, 350, 354, 364, 369.
Majalah AMBIO (Swedia) No. 2-3, 1977, halaman 108.
Sjaaf Dhahiyat, halaman 120, 270.
Edi Brotosiswoyo, halaman 238.
Majalah OIKOS (Swedia) No. 33; 190-195 (1979) halaman 366.

Percetakan Kanisius Yogyakarta

ISI

KATA PENGANTAR X

BAB I. PENDAHULUAN 1
1. Latar belakang 1
2. Kecenderungan perhatian tentang lingkungan hidup 10

BAB II. EKOLOGI 22
1. Arti ekologi 22
2. Konsep ekosistem 23
3. Materi 26
4. Energi 28
5. Informasi 34
6. Hukum termodinamika 40
7. Habitat dan relung 43
8. Adaptasi 45
9. Evolusi 49

BAB III. LINGKUNGAN HIDUP 51
1. Arti lingkungan hidup 51
2. Mutu lingkungan hidup 56
3. Lingkungan hidup sebagai sumberdaya 58
4. Kebutuhan dasar 62
   4.1. Kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup hayati 63
   4.2. Kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup yang manusiawi 66
   4.3. Kebutuhan dasar untuk memilih 68
5. Manfaat dan risiko lingkungan 70

BAB IV. PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP 76
1. Pendahuluan 76
2. Kelestarian keseimbangan lingkungan? 77
3. Pandangan holistik 82
4. Dayadukung lingkungan berkelanjutan 89
5. Dayalenting 92
6. Ruang lingkup pengelolaan lingkungan 95
7. Citra lingkungan 102

BAB V. PENCAGARALAMAN 112
1. Pengertian 112
2. Manfaat pencagaran jenis 115
3. Keanekaan jenis 124
4. Keanekaan jenis di daerah liar 125
4.1. Teori pulau biogeografi 125
4.2. Teori bercak 129
5. Keanekaan jenis di daerah yang dibudidayakan 130
6. Erosi gen 132
7. Pengelolaan keanekaan gen 135
7.1. Daerah yang dilindungi 135
7.2. Masalah batas dan pengawasan 140
7.3. Daerah penyangga 143
7.4. Pengembangan daerah yang dilindungi 145
7.5. Kebun raya dan kebun binatang 149
7.6. Bank gen 151
7.7. Penguasaan sumberdaya gen 153
8. Saling ketergantungan global 156

BAB VI. EKOLOGI PEMBANGUNAN 158
1. Pendahuluan 158
2. Manfaat dan risiko lingkungan dalam pembangunan 159
3. Pembangunan berkelanjutan 161
3.1. Proses ekologi 162
a. Efek rumah kaca 163
b. Fotosintesis 165
c. Penambatan nitrogen 166
d. Pengendalian populasi 168
e. Penyerbukan 169

f. Kemampuan memperbaharui diri 170
g. Fungsi hidro-orologi 171
3.2. Tersedianya sumberdaya yang cukup 172
3.3. Lingkungan sosial budaya dan ekonomi yang sesuai 174
a. Pemerataan pembangunan 175
b. Persaingan 180
c. Masyarakat terasing 183
4. Pola hidup sederhana 187
5. Kemampuan ilmu dan teknologi 192
6. Pengelolaan lingkungan yang adaptif 198
7. Pengelolaan proyek pembangunan 199
8. Eko-efisiensi 201

BAB VII. EKOLOGI KEPENDUDUKAN 204
1. Pendahuluan 204
2. Arti dayadukung lingkungan 205
3. Dayadukung lingkungan agraris 209
4. Kepadatan penduduk 212
5. Transmigrasi 214
6. Kerusakan lingkungan 221
6.1. Kerusakan lingkungan kota 221
6.2. Kerusakan lingkungan pedesaan 226
6.3. Penanggulangan kerusakan lingkungan 236
a. Sawah 242
b. Pekarangan 244
c. Sistem talun-kebun 249
d. Perkebunan rakyat 252
e. Perikanan 252
f. Penciptaan lapangan pekerjaan di sektor non-pertanian 254
6.4. Prioritas penanggulangan 257
7. Pencemaran dan penyusutan sumberdaya 258
8. Penanggulangan pencemaran dan penyusutan sumberdaya 268

BAB VIII. EKOLOGI PANGAN 274
1. Pendahuluan 274

2. Pemburu dan pengumpul 276
3. Perladangan berpindah 278
4. Pertanian menetap 282
5. Sumber pangan 287
6. Pola pangan 292
7. Kerentanan pangan 297
8. Penganekaan pangan 300
9. Pola pangan dan dayadukung lingkungan 306

BAB IX. EKOLOGI PARIWISATA 309
1. Pendahuluan 309
2. Dayadukung lingkungan 310
3. Keanekaan 317
4. Keindahan alam 319
5. Vandalisme 321
6. Pencemaran 324
7. Kerusakan hutan 328
8. Dampak sosial budaya 329
9. Zonasi 330

BAB X. ENERGI DALAM EKOLOGI PEMBANGUNAN. 333
1. Pengertian energi 333
2. Pemanfaatan energi 336
3. Peranan energi dalam pembangunan 340
4. Permasalahan energi 344
4.1. Penghematan energi 344
4.2. Menaikkan efisiensi energi 346
5. Penganekaan sumber energi 348
5.1. Sumberdaya energi hayati 349
a. Energi manusia 349
b. Energi hewan 350
c. Biomas 352
5.2. Energi surya 361
5.3. Energi air 362
5.4. Energi laut 367
5.5. Energi angin 367
5.6. Energi nuklir 370
5.7 Energi bahan fosil 371

5.8 Energi panas bumi 373

DAFTAR ISTILAH 374

DAFTAR SINGKATAN 380

KATA PENGANTAR

Hanya dalam lingkungan hidup yang optimal, manusia dapat berkembang dengan baik, dan hanya dengan manusia yang baik lingkungan akan berkembang ke arah yang optimal.

Seminar Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Pembangunan Nasional.
Universitas Padjajaran, Bandung,
15–18 Mei 1972

Lingkungan hidup makin banyak menarik perhatian masyarakat luas. Baik kalangan pemerintah, universitas, media massa maupun masyarakat umum membicarakannya. Namun buku tentang lingkungan hidup masih langka. Buku ini diharapkan dapat membantu mengisi kekurangan itu. Sasaran pembaca buku ini ialah masyarakat umum, walaupun buku ini dapat digunakan sebagai bahan bacaan pelajaran ekologi dan lingkungan hidup di sekolah lanjutan dan perguruan tinggi.

Lingkungan hidup dapat dikata melintasi semua sektor. Karena itu amatlah sulit untuk menyusun sebuah buku yang meliputi semua sektor yang berkaitan dengan lingkungan hidup. Buku demikian akan merupakan sebuah ensiklopedi yang terdiri banyak jilid dan akan harus ditulis oleh banyak ahli. Mengingat hal itu buku ini hanyalah mencakup beberapa sektor saja yang menurut pertimbangan penulis merupakan sektor yang penting. Pemilihan sektor itu tidak dapat terlepas dari pertimbangan subjektif, yaitu minat penulis. Latar belakang penulis, yaitu ilmu pertanian dan ilmu hayat, juga mempengaruhi pertimbangan itu dan cara pembahasannya. Sudut tinjauannya ialah terutama dari segi pertanian dan ilmu hayat, dan sedikit saja mencakup aspek sosial-budaya. Memanglah buku selalu mencerminkan warna dan kepribadian si penulis, kecuali apabila buku itu merupakan saduran belaka.

Bahan buku ini diambil dari tulisan dan ceramah penulis selama lebih dari 10 tahun penulis berkecimpung dalam bidang lingkungan hidup. Banyak di antaranya merupakan

hasil pemikiran penulis sendiri. Namun banyak pula yang penulis pungut dari tulisan orang lain, baik untuk dikutip maupun sebagai bahan untuk diolah lebih lanjut.

Penulis tidak berpretensi untuk memberikan pemecahan semua masalah yang dibahas dalam buku ini. Bahkan dalam banyak hal penulis justru menunjukkan adanya masalah tertentu dan mengajak para pembaca untuk memikirkannya dan mencari pemecahannya.

Sifat buku ini adalah populer dengan tujuan untuk dibaca oleh masyarakat umum. Meskipun sifat buku ini populer, namun penulis berusaha agar isi tetap dapat dipertanggung-jawabkan secara ilmiah. Mengingat sifat populer ini, buku tidak ditulis secara ilmiah dengan tabel atau grafik dan acuan. Rumus kimia juga sangat dibatasi dan rumus matematika sama sekali tidak digunakan. Dengan demikian sifat buku ini sangat kualitatif. Diusahakan pula untuk menggunakan bahasa yang sederhana. Untuk mempermudah pembacaan, setiap bab dapat dibaca secara tersendiri, tanpa harus membaca lebih dahulu bab yang tertulis sebelumnya. Hal ini mengakibatkan adanya pengulangan uraian tertentu dalam beberapa bab. Untuk membantu para pembaca, pada akhir buku ini dilampirkan sebuah daftar istilah yang dipakai dalam buku ini, yang disertai dengan padanan dalam bahasa Inggris, dan keterangannya.

Penulisan buku secara populer dengan bahasa yang sederhana mengakibatkan, masalah yang dibahas harus disederhanakan. Hal ini mengandung bahaya timbulnya salah paham pada para pembaca, seolah-olah masalahnya memang sederhana atau timbul kesan, penulis sangat naif. Risiko itu tak dapat dihindari.

Sebuah buku yang serupa yang bersifat ilmiah dengan tujuan untuk bacaan para ilmuwan dan mahasiswa sedang dipersiapkan oleh penulis. Dalam buku yang akhir ini akan dapat digunakan acuan, data, reaksi kimia dan rumus matematika menurut keperluan.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Saudara-Saudara Prof.Ir. Harjono Danoesastro, Prof. Dr. Ir. H. Johannes, Ir. M. Purbo dan istri, dan Soemarkoco Soe-

diro yang telah membaca beberapa bagian buku ini dan memberikan kritik dan saran perbaikan. Namun segala kesalahan dan ketidaktepatan yang terdapat dalam buku ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab penulis. Terima kasih penulis ucapkan kepada yang telah memberi dan mengizinkan penggunaan beberapa gambar dalam buku ini, yaitu Harian Pikiran Rakyat, Majalah AMBIO (Swedia), majalah OIKOS (Denmark), Dr. Edy Brotoisworo dan Drs. Yayat Dhahiyat. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Saudara-Saudara Etty Rusliawati, Sri Hartini dan Dede Kusmiadi yang dengan sabar telah mengetik naskah ini berulangkali, karena adanya perubahan dan koreksi naskah beberapa kali. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Saudara Donny Romdhoni yang telah membantu membuat gambar.

Penulis akan sangat gembira dan akan berterima kasih untuk menerima kritik dan saran dari para pembaca yang budiman untuk perbaikan buku ini.

Bandung, 19 Februari 1983 *Otto Soemarwoto*

KATA PENGANTAR CETAKAN KEDUA

Dalam cetakan kedua ini telah diusahakan untuk memperbaiki beberapa kesalahan. Untuk keperluan ini butir 5 dalam Bab II telah ditulis kembali. Beberapa kesalahan redaksional juga telah diperbaiki. Secara keseluruhan cetakan kedua ini tidak berbeda dengan cetakan pertama.

Kepada rekan-rekan yang telah menunjukkan kesalahan dan memberikan saran, penulis ucapkan banyak terima kasih. Saran-saran untuk lebih menyempurnakan buku ini dalam cetakan yang akan datang sangat diharapkan oleh penulis dan akan sangat dihargai olehnya.

Bandung, Juni 1985 *Otto Soemarwoto*

KATA PENGANTAR CETAKAN KEEMPAT

Cetakan keempat ini mengalami beberapa perbaikan. Beberapa salah cetak telah dikoreksi dan beberapa bagian ditambah uraiannya untuk disesuaikan dengan perkembangan baru.

Kepada para rekan yang telah memberikan kritik, penulis ucapkan terima kasih. Kritik dan saran tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan lagi cetakan yang akan datang.

Bandung, Oktober 1988 *Otto Soemarwoto*

KATA PENGANTAR CETAKAN KEENAM

Dalam cetakan keenam ini telah dilakukan beberapa koreksi dan pembaharuan. Telah ditambah uraian singkat tentang KTT Bumi di Rio de Janeiro, Brasil, pada bulan Juni 1992.

Penulis akan berterima kasih dengan kritik dan saran untuk memperbaiki buku ini.

Bandung, Oktober 1994 *Otto Soemarwoto*

KATA PENGANTAR CETAKAN KETUJUH

Sebagai usaha penyempurnaan dan penyesuaian dengan perkembangan baru uraian tambahan telah di tulis dalam bab IV, V, dan VI. Beberapa bab lainnya juga telah mengalami koreksi.

Penulis mengharapkan kritik dan saran para pembaca untuk perbaikan buku ini dalam cetakan selanjutnya.

Bandung, Mei 1997 *Otto Soemarwoto*

BAB I
PENDAHULUAN

1. LATAR BELAKANG

Permasalahan lingkungan hidup, atau secara pendek lingkungan, mendapat perhatian yang besar di hampir semua negara. Ini terutama terjadi dalam dasawarsa 1970-an setelah diadakannya Konperensi PBB tentang Lingkungan Hidup di Stokholm dalam tahun 1972. Konperensi itu terkenal pula sebagai Konperensi Stokholm. Hari pembukaan Konperensi itu, tanggal 5 Juni, telah disepakati sebagai Hari Lingkungan Hidup Sedunia. Dalam Konperensi Stockholm telah disetujui banyak resolusi tentang lingkungan hidup yang digunakan sebagai landasan tindak lanjut. Salah satu di antaranya ialah didirikannya badan khusus dalam PBB yang ditugasi untuk mengurus permasalahan lingkungan, yaitu *United Nations Environmental Programme*, disingkat UNEP. Badan ini bermarkas besar di Nairobi, Kenya.

Di Indonesia perhatian tentang lingkungan hidup telah mulai muncul di media massa sejak tahun 1960-an. Pada umumnya berita itu berasal dari dunia barat yang dikutip oleh media massa kita. Oleh karena berita itu berasal dari dunia barat, masalah lingkungan yang diliput oleh media massa adalah terutama yang mengenai pencemaran.

Suatu tonggak sejarah tentang permasalahan lingkungan hidup di Indonesia ialah diselenggarakannya Seminar Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Pembangunan Nasional oleh Universitas Padjadjaran di Bandung pada tanggal 15–18 Mei 1972. Seminar itu merupakan seminar tentang lingkungan hidup yang pertama kalinya diadakan di Indonesia. Seminar itu dihadiri oleh banyak ilmuwan dari ber-

bagai universitas, pejabat pemerintahan, cendekiawan dan tokoh masyarakat. Seminar itu banyak menggunakan bahan yang telah dikumpulkan oleh Panitia Penyelenggara Konperensi Stokholm. Di antara peserta Seminar di Universitas Padjadjaran ada yang kemudian menjadi anggota delegasi Indonesia ke Konperensi Stockholm. Oleh karena itu Seminar Bandung itu dapat dianggap sebagai persiapan Indonesia untuk Konperensi Stokholm.

Walaupun Seminar Bandung itu telah dilaksanakan lebih dari 10 tahun yang lalu, namun apabila disimak kembali laporan Seminar tersebut, ternyata banyak yang kini masih berlaku.

Dalam bulan September 1972, Universitas Padjadjaran telah mendirikan Lembaga Ekologi sebagai tindak lanjut Seminar tersebut. Alasan mengapa lembaga itu tidak disebut Lembaga Penelitian Lingkungan Hidup, ialah karena yang menjadi perhatian bukanlah lingkungan hidup itu sendiri, melainkan hubungan timbal balik antara manusia dengan lingkungan hidupnya. Jadi, pada hakekatnya yang menjadi perhatian ialah masalah ekologi.

Terdapat kesan dan pengertian umum, permasalahan lingkungan hidup adalah suatu hal yang baru. Hal ini disebabkan oleh perhatian terhadap dan kegiatan dalam bidang lingkungan hidup yang meningkat selama dasawarsa 1950-an dan 1960-an, dan memuncak dalam dasawarsa 1970-an. Namun sebenarnya permasalahan itu telah ada sejak manusia ada di bumi. Bahkan apabila kita meninjaunya lebih luas daripada segi manusia, permasalahan itu ada sejak bumi ini tercipta. Jika perubahan iklim, kejadian geologi yang bersifat malapetaka dan kepunahan massal hewan serta tumbuhan kita gunakan sebagai petunjuk permasalahan lingkungan, dapatkah kita ketahui, bumi kita telah banyak mengalami permasalahan lingkungan yang besar.

Para ahli memperkirakan umur bumi telah kira-kira 5 milyar tahun. Pada mulanya dalam atmosfer bumi tidak terdapat oksigen (O_2), sedangkan kadar karbondioksida (CO_2) tinggi. Susunan kimia atmosfer dan kondisi lingkungan lainnya pada waktu itu menunjukkan belum adanya ke-

hidupan di bumi, karena kondisi itu tidak memungkinkan adanya kehidupan. Kira-kira 4½ milyar tahun yang lalu mulailah terdapat air cair di permukaan bumi dan mulailah terbentuk kehidupan yang sederhana dalam bentuk molekul organik, antara lain juga yang mengandung zat hijau daun (klorofil). Dengan adanya klorofil mulailah berlangsung proses fotosintesis di bumi. Dalam proses ini mahluk yang berklorofil mengolah CO_2, dengan menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi, menjadi karbohidrat dan terbentuk pula O_2. Dengan makin berkembangnya organisme yang berklorofil, proses fotosintesis pun makin berkembang. Dengan itu kadar CO_2 dalam atmosfer berkurang dan kadar O_2 bertambah.

Proses ini selanjutnya memungkinkan terbentuknya lapisan ozon di atmosfer atas (stratosfer), sehingga bumi terlindung dari sinar matahari bergelombang pendek yang mematikan mahluk hidup. Dengan adanya perlindungan lapisan ozon kehidupan tidak hanya dapat berkembang di dalam lapisan air yang dalam, yang melindungi mahluk hidup dari penyinaran gelombang pendek matahari oleh lapisan air yang tebal, melainkan juga di lapisan air yang atas. Bahkan dengan makin sempurnanya perlindungan lapisan ozon, kehidupan dapat pula berlangsung di daratan.

Kenaikan kadar O_2 dalam atmosfer memungkinkan pula berkembangnya organisme hidup aerob, yaitu organisme yang membutuhkan O_2 untuk kehidupannya. Lambat laun bentuk kehidupan pun makin kompleks. Dari organisme bersel satu berkembanglah organisme bersel banyak dengan bermacam organ yang tersusun dalam struktur yang teratur. Organ-organ dalam tubuh itu bekerjasama dengan rapih sebagai suatu kesatuan sistem.

Demikianlah kehidupan dimulai di dalam air dalam dan lambat laun menyebar ke lapisan air yang atas dan akhirnya ke daratan. Hal ini dimungkinkan oleh lapisan ozon yang terbentuk sebagai hasil samping proses fotosintesis. Nampaklah mahluk hidup itu membentuk lingkungan hidupnya, tetapi sebaliknya mahluk hidup itu ada karena lingkungan hidupnya.

Terbentuknya lingkungan hidup tidak terjadi secara linier lurus. Misalnya, pada waktu-waktu tertentu terjadi peristiwa geologi yang besar yang melipat permukaan bumi, sehingga terbentuklah gunung-gunung dan aktivitas volkanis. Dengan proses itu tersingkaplah batu-batuan dari lapisan dalam yang lalu bersentuhan dengan atmosfer dan mengalami oksidasi. Proses oksidasi besar-besaran itu menurunkan kadar O_2 dalam atmosfer. Karena itu pada setiap orogenesis, yaitu proses pembentukan pegunungan, yang kadang-kadang meningkat dan kadang-kadang menurun, terjadilah pula fluktuasi kadar O_2 dalam atmosfer. Tidaklah mustahil fluktuasi ini mengakibatkan pula fluktuasi dalam tebalnya lapizan ozon, sehingga derajat perlindungan bumi dari sinar matahari bergelombang pendek oleh lapisan ozon juga berfluktuasi. Iklim pun berubah-ubah.

Perubahan yang besar dalam lingkungan hidup mempengaruhi kehidupan mahluk hidup. Dalam sejarah bumi kita telah tercatat punahnya beribu jenis hewan dan tumbuhan. Misalnya, dinosaurus, hewan melata *(Reptilia)* zaman purba yang banyak jenisnya, telah punah lebih dari 60 juta tahun yang lalu. "Nenek moyang" manusia pun, yaitu manusia *Australopithecus africanus* dan *A. robustus* di Afrika, *Homo erectus,* antara lain yang diketemukan di Afrika, Jawa dan Cina, manusia *Neanderthal* di Eropa dan Timur Tengah, serta manusia primitif Solo di Jawa, telah punah. Apa sebab kepunahan mereka, tidaklah diketahui dengan pasti. Kita hanyalah dapat menerka. Mereka punah mungkin karena bencana alam, perubahan iklim, wabah penyakit, kalah bersaing dengan mahluk lain atau kombinasi faktor-faktor itu, yang kesemuanya merupakan masalah lingkungan.

Kitab suci agama Islam, Kristen dan Yahudi mencatat banyak masalah lingkungan yang dihadapi oleh manusia. Air bah yang dihadapi oleh Nabi Nuh dan berbagai kesulitan yang dihadapi Nabi Musa di gunung pasir pada waktu pengembaraannya dari Mesir ke Kanaan, merupakan contoh-contoh masalah lingkungan. Ada pula teori yang menyatakan, ambruknya kerajaan di Mesopotamia disebabkan oleh



Gambar 1.1. Pencemaran udara *asbut* (asap-kabut) atau *smog* di Tokyo. Matahari seperti bulan saja. *Asbut* sebenarnya bukan masalah baru. Istilah *smog* berasal dari abad ke-19 di Inggris. *Foto: Y. Hayashi*

salinisasi, yaitu naiknya kadar garam dalam tanah, yang disebabkan oleh pengairan. Di daerah yang beriklim kering itu air pengairan mengalami penguapan yang besar dan tertinggallah di tanah garam yang semula terlarut dalam air. Karena curah hujan yang rendah, garam itu tidak dapat tercuci, sehingga kadar garam dalam tanah makin lama makin tinggi. Proses salinisasi ini telah menghancurkan kesuburan tanah pertanian.

Runtuhnya Pompei disebabkan oleh letusan gunung berapi yang dahsyat dalam tahun 79. Eropa dalam abad ke-14 dilanda oleh wabah pes yang menewaskan beribu-ribu orang. Dalam abad ke-19 London dan banyak kota industri telah mengalami masalah *asbut* (asap kabut) yang disebabkan oleh pembakaran batubara untuk pemanasan rumah dan proses dalam industri. Istilah *smog* yang merupakan gabungan kata *smoke* (asap) dan *fog* (kabut) berasal dari masa itu (Gambar 1.1). Sebelum itu sebenarnya telah ada masalah pencemaran udara. Dalam tahun 1306 raja Inggris Edward I telah mengadakan peraturan tentang pembakaran batubara untuk mengurangi pencemaran udara.

Uraian di atas menunjukkan dengan jelas permasalahan lingkungan bukanlah hal yang baru. Permasalahan itu ada sejak bumi itu lahir, apabila kita meninjaunya secara luas dan bukannya antroposentris. Kita lihat pula bumi itu tidaklah statis, melainkan dinamis dan dengan terus menerus mengalami perubahan. Kini pun perubahan itu masih terus berlangsung. Kontinen-kontinen bergerak, gempa bumi terjadi, gunung berapi meletus, angin taufan mengamuk, serta musim kemarau dan musim hujan yang abnormal terjadi. Perubahan itu hanyalah sebagian saja yang disebabkan oleh manusia. Letusan Gunung Tambora di Sumbawa (1815), Gunung Krakatau di Selat Sunda (1883), Gunung Agung di Bali (1962) dan Gunung Galunggung di Jawa Barat (1982) adalah peristiwa alam yang terjadi sama sekali di luar pengaruh kegiatan manusia (Gambar 1.2). Tanpa manusia pun, yaitu sebelum manusia ada, telah ada juga kepunahan hewan dan tumbuhan. Jadi kepunahan hewan dan tumbuhan tidak selalu disebabkan oleh manusia.

Namun dengan demikian makin majunya teknologi masalah lingkungan antropogenik, yaitu yang disebabkan oleh manusia, makin besar, teknologi komunikasi pun makin maju. Dengan kemajuan teknologi komunikasi, informasi tentang permasalahan lingkungan menyebar dengan luas dan cepat ke segala penjuru dunia. Di samping itu perbincangan tentang permasalahan lingkungan bersumber dari negara yang telah maju, antara lain Amerika Serikat. Karena citranya sebagai negara maju dan kekuasaan ekonomi dan politik negara maju itu, perbincangan tentang permasalahan itu diikuti pula oleh negara yang sedang berkembang. Seringkali ikut sertanya itu secara membabibuta, tanpa ditelaah relevansi permasalahannya dengan kondisi negara yang bersangkutan. Misalnya, pencemaran oleh industri merupakan masalah utama di negara yang maju dan karena itu pencemaran oleh industri mendominasi permasalahn lingkungan di negara itu. Tetapi di negara yang sedang berkembang, seperti Indonesia, umumnya pencemaran oleh industri belumlah penting, kecuali di tempat-tempat yang terbatas di sekitar kota besar. Sebaliknya



Gambar 1.2. **Kerusakan hebat telah terjadi oleh letusan Gunung Galunggung dalam tahun 1982. Sejak jutaan tahun yang lalu telah terjadi masalah lingkungan besar, misalnya letusan gunung, gempa bumi, angin taufan, perubahan iklim, dan kepunahan jenis hewan dan tumbuhan.** *Foto: Pikiran Rakyat.*

pencemaran oleh limbah domestik, yaitu limbah yang berasal dari rumah tangga, lebih umum dan mengenai lebih banyak orang dari pencemaran oleh industri. Misalnya, setiap tahunnya lebih dari 5 juta orang menderita sakit muntah berak yang disebabkan oleh tercemarnya air oleh kotoran manusia. Beberapa ribu di antara penderita itu tidak dapat tertolong jiwanya. Di samping itu lebih dari 60% penduduk Indonesia, jadi kira-kira 120 juta orang, menderita sakit cacing yang disebabkan pula oleh tercemarnya tanah, air dan makanan oleh tinja. Namun pada umumnya pencemaran oleh industri mendapat perhatian lebih besar dari pers dan pemerintah daripada pencemaran oleh limbah domestik. Investasi untuk penanggulangan pencemaran limbah domestik jauh lebih kecil daripada pencemaran industri. Penelitian tentang penanggulangan pencemaran industri memberi citra maju

dan modern. Sebaliknya penelitian tentang dan penanggulangan limbah domestik memberi citra terbelakang dan primitif, kecuali kalau yang akhir ini dikaitkan dengan pembangunan instalasi penjernihan air minum yang modern, misalnya.

Orang beranggapan pula, permasalahan lingkungan menjadi besar karena kemajuan teknologi. Anggapan ini hanyalah benar sebagian saja. Dibandingkan dengan gejala alam, misalnya letusan gunung, gempa bumi, taufan dan gelombang pasang (*tsunami*), teknologi manusia hanyalah kecil. Misalnya, kekuatan letusan Gunung Krakatau dalam tahun 1883 diperkirakan ekuivalen dengan 21.500 bom atom Hiroshima. Material yang dilontarkan ke luar dalam letusan itu banyaknya 40 juta ton. Dibandingkan dengan truk yang berkapasitas 5 ton, untuk mengangkutnya akan diperlukan 8 juta truk. Letusan Gunung Tambora di Sumbawa dalam tahun 1815 lebih hebat lagi. Seandainya material yang dilontarkan ke luar harus diangkut dengan truk berkapasitas muat 5 ton, akan diperlukan 40 juta truk! Tahun 1816 di daerah beriklim sedang dikenal sebagai tahun tanpa musim panas, karena debu Gunung Tambora menutupi sinar matahari. Orang yang meninggal karena letusan itu lebih dari 90.000 orang. Sebuah bendungan yang menciptakan waduk seluas 10.000 hektar sudah dianggap besar. Tetapi letusan Gunung Tangkubanperahu, atau embrionya, dalam kaldera Gunung Sunda purba, telah menyumbat Sungai Citarum dan mengakibatkan terbentuknya danau raksasa yang menggenangi seluruh dataran tinggi Bandung. Seandainya pada waktu itu kota Bandung telah ada, praktis seluruh kota akan tenggelam. Demikian pula Danau Toba yang besar itu terbentuk oleh letusan gunung yang dalam geologi terkenal dengan istilah Tumor Batak. Letusan ini telah menyemburkan 1500-2000 km3 material ke udara. Walaupun demikian teknologi tidak boleh kita abaikan, karena memang merupakan faktor penting dalam permasalahan lingkungan. Bahkan perang nuklir yang besar dapat memusnahkan kehidupan di bumi ini. Tetapi harus pula disadari teknologi bukan saja dapat

merusak lingkungan, melainkan diperlukan juga untuk mengatasi masalah lingkungan.

Faktor yang sangat penting dalam permasalahan lingkungan ialah besarnya populasi manusia. Dengan pertumbuhan populasi manusia yang cepat, kebutuhan akan pangan, bahan bakar, tempat pemukiman dan lain kebutuhan serta limbah domestik juga bertambah dengan cepat. Pertumbuhan populasi ini telah mengakibatkan perubahan yang besar dalam lingkungan hidup. Di negara yang sedang berkembang yang tingkat ekonomi dan teknologinya masih rendah, kerusakan hutan dan tata air yang disertai kepunahan tumbuhan dan hewan, dan erosi tanah, serta sanitasi yang buruk yang menyebabkan berkecamuknya penyakit infeksi dan parasit, merupakan masalah lingkungan yang mencekam di daerah itu. Tidak jarang terjadi ledakan penyakit kolera yang merenggut banyak jiwa manusia. Masalah itu hanya dapat diatasi dengan meningkatkan kemampuan dan ekonomi rakyat, sehingga dengan itu akan dapat membuat penduduk menjadi mampu untuk menanggulangi masalah itu dengan kekuatannya sendiri. Dengan demikian masalah lingkungan di negara yang sedang berkembang hanyalah dapat diatasi dengan pembangunan, oleh karena ia disebabkan oleh kemelaratan dan kurangnya pembangunan. Pembangunan dan pembinaan lingkungan adalah sejoli yang tak terpisahkan. Namun pembangunan itu dapat dan telah menyebabkan masalah lingkungan yang mengurangi, bahkan dapat meniadakan, manfaat pembangunan. Oleh karena itu masalahnya bukanlah untuk mempertanyakan membangun atau tidak membangun, misalnya menggunakan atau tidak menggunakan pestisida untuk menaikkan pangan, membuat atau tidak membuat pabrik, dan seterusnya. Yang menjadi masalah ialah bagaimanakah membangun yang tidak merusak lingkungan, yaitu pembangunan yang bijaksana yang akan menaikkan kualitas lingkungan yang terdukung terlanjutkan. Jadi pembangunan yang berwawasan lingkungan.

Dalam perbincangan tentang permasalahan lingkungan, umumnya perhatian tertujukan pada aspek negatif saja

permasalahan tersebut, misalnya pencemaran, kerusakan hutan dan kepunahan tumbuhan dan hewan. Kenyataan menunjukkan terjadinya evolusi organisme hidup dari yang sederhana ke yang kompleks. Dalam evolusinya manusia pun menunjukkan kemajuan dalam kepandaiannya dan jumlah populasinya bertambah terus. Karena itu tentulah dalam lingkungan itu ada faktor yang merangsang dan memungkinkan perkembangan otak manusia, sehingga manusia purba yang primiitif menjadi manusia modern dengan kebudayaan yang tinggi. Dalam lingkungan itu harus pula ada sumberdaya yang dapat mendukung kehidupan jumlah manusia yang makin bertambah. Apabila hal itu tidak ada, tentulah otak manusia tak akan tumbuh dan jumlah manusia tidak akan bertambah. Apabila otak manusia tidak berkembang, kehidupan manusia tak akan banyak berbeda dari hewan. Karena manusia relatif lebih lemah dari banyak hewan, manusia akan kalah bersaing dengan mereka untuk mendapatkan pangan dan untuk mempertahankan diri, apabila hanya mengandalkan pada kekuatan fisiknya. Misalnya ototnya, giginya, kukunya, penciumannya, penglihatannya, dan kemampuan lainnya kalah dari banyak hewan, seperti harimau dan anjing liar. Tanpa perkembangan otaknya manusia mungkin tak akan dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya dan akan mengalami kepunahan. Oleh karena itu sebenarnya perbincangan tentang lingkungan hidup harus meliputi juga hal-hal yang menguntungkan.

2. KECENDERUNGAN PERHATIAN TENTANG LINGKUNGAN HIDUP

Perhatian yang besar terhadap lingkungan hidup dimulai dalam dasawarsa 1950-an sebagai akibat terjadinya masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh penggunaan teknologi modern dan yang dirasakan merugikan orang. Pada waktu itu banyak kota besar, misalnya Los Angeles, mengalami masalah asap yang menyerupai kabut, yang disebut *smog*. Selimut asap itu berasal dari mobil dan pabrik yang mengalami reaksi kimia waktu terkena sinar matahari. Selimut itu dapat berlangsung berhari-hari dan mengganggu ke-

sehatan, terutama saluran pernafasan, serta merusak pula pertanaman sayuran dan buah-buahan. Dalam tahun 1962 terbitlah buku *The Silent Spring* (Musim Semi yang Sunyi) karangan Rachel Carson yang mempunyai pengaruh yang besar terhadap kesadaran orang terhadap lingkungan hidupnya. Dalam bab 1 bukunya itu Carson berceritera tentang hari depan, antara lain: "Penyakit misterius telah menyerang ayam; sapi dan domba sakit dan mati. Di mana-mana terdapat bayangan kematian. Para petani berbicara tentang banyaknya penyakit dalam keluarga mereka. Para dokter menghadapi teka-teki penyakit baru yang timbul di antara para pasiennya. Kematian sekonyong-konyong yang tak dapat diterangkan terjadi tidak saja di antara orang dewasa, melainkan juga di antara anak-anak yang tiba-tiba menjadi sakit waktu bermain dan meninggal dalam beberapa jam.

Ada kesunyian yang aneh. Burung-burung, misalnya – kemanakah mereka pergi?"

Banyak lagi musibah yang disebutkan. Carson menyatakan belum ada sebuah masyarakat yang mengalami semua musibah itu. Namun masing-masing musibah itu telah terjadi di tempat tertentu dan ada beberapa masyarakat yang telah menderita banyak jenis musibah itu.

Tak lama setelah buku "Musim Semi yang Sunyi" itu terbit, dunia dihebohkan oleh penyakit baru yang mengerikan yang menyerang manusia dan hewan di Teluk Minamata, Jepang. Manusia yang terserang menderita sakit dengan gerakan yang tak terkontrol. Banyak penderita yang mengalami kematian. "Ikan mengambang di permukaan laut, burung jatuh dari udara dan ayam, anjing, babi serta musang menjadi gila," demikianlah laporan dari Minamata. Penyakit baru dan aneh itu kemudian terkenal dengan nama penyakit Minamata. Ada pula laporan penyakit baru lain, *itai-itai*, juga di Jepang. Tulang penderita menjadi rapuh dan mereka mengalami patah tulang di banyak tempat. Mereka menderita sakit yang hebat. Secara harfiah itai-itai berarti aduh-aduh. Penyakit itai-itai dan Minamata pertama kali dilaporkan di Jepang berturut-turut dalam tahun 1955

dan 1956 Dalam tahun 1968 Pemerintah Jepang secara resmi menyatakan logam air raksa sebagai penyebab penyakit Minamata dan logam kadmium sebagai penyebab penyakit itai-itai. Kedua logam itu berasal dari pencemaran industri. Contoh-contoh itu menunjukkan bahwa apa yang diuraikan oleh Carson bukanlah suatu khayalan belaka, melainkan nyata-nyata dapat dan telah terjadi. Tak mengherankanlah perhatian terhadap lingkungan hidup, terutama masalah pencemaran, menanjak dengan tajam dalam dasawarsa 1960-an di negara-negara yang telah maju dan memuncaklah dengan diselenggarakannya Konperensi Stockholm dalam tahun 1972. Setelah Konperensi Stockholm perhatian terhadap lingkungan hidup meningkat juga di negara-negara yang sedang berkembang.

Dalam tahun 1973 pecahlah lagi perang Arab-Israel. Sebagai senjata politik, negara-negara Arab dan negara produsen minyak lainnya (OPEC) melakukan embargo minyak dan seluruh dunia tersentak dari mimpinya: minyak bukanlah bahan bakar yang tak terbatas jumlahnya, melainkan langka. Negara-negara OPEC yang menguasai produksi minyak juga mulai menaikkan harga minyak secara beruntun, sehingga minyak menjadi bahan yang tidak saja langka, melainkan juga mahal. Minyak adalah sumber energi utama yang menyangkut kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan orang, seperti produksi pangan, masak, penerangan dan pemanasan rumah di negara yang beriklim sedang, industri dan transpor. Karena itu kelangkaan dan kenaikan harga minyak itu sangat mempengaruhi ekonomi banyak negara, baik negara maju, maupun negara yang sedang berkembang. Tidaklah mengherankan perhatian terhadap bahan bakar minyak (BBM) dan energi pada umumnya meningkat dengan sangat tajam. Ada gejala dalam tahun 1970-an perhatian terhadap energi ini telah mendesak perhatian terhadap lingkungan hidup, oleh karena dalam banyak hal permasalahan lingkungan tidak dirasakan mendesak dan bahkan bagi banyak orang bersifat abstrak. Misalnya, tercemarnya bahan makanan oleh racun pemberantas hama tidak mempengaruhi rasa bahan ter-

sebut, sehingga tidak kita rasakan. Efeknya apabila ada, barulah terasa dalam jangka panjang, kecuali tentu jika pencemaran itu mencapai tingkat yang tinggi. Hal ini jarang terjadi dan umumnya merupakan kecelakaan. Pergeseran perhatian ini dapat kita lihat dari makin bertambahnya investasi dalam penelitian untuk memecahkan masalah energi, yang meliputi bidang sangat luas, antara lain batubara, sinar matahari, angin, dan gelombanng laut.

Orang sadar betapa vitalnya energi. Orang tak ingin lagi hidupnya dan keselamatan negaranya diombang-ambingkan oleh BBM. Baik kenaikan maupun penurunan harga BBM menggoncangkan banyak negara, maju maupun sedang berkembang, dan seluruh sistem ekonomi internasional.

Untuk mendapatkan energi yang cukup dan mantap orang bersedia untuk mengorbankan lingkungan hidup, sedikit atau banyak. Hal ini kita lihat, misalnya, di Amerika Serikat. Salah satu akibat embargo minyak oleh OPEC ialah dikendorkannya baku mutu udara oleh Presiden Nixon. Dengan pengendoran itu bahan bakar yang mengandung lebih banyak belerang dapat digunakan. Pembakaran bahan bakar ini akan menaikkan zat pencemar gas SO_2 dalam udara. Jadi dapat kita perkirakan tekanan terhadap lingkungan hidup dari sektor perkembangan energi akan makin meningkat. Hal ini juga dapat diperkirakan akan terjadi di Indonesia. Eksploatasi BBM akan terus meningkat. Makin banyak batubara akan digunakan dan pembangunan bendungan juga akan ditingkatkan. PLTN akan dibangun. Eksploatasi sagu dan nipah untuk produksi alkohol untuk bahan bakar akan terjadi. Perbincangan tentang energi di media massa makin meningkat pula. Semua itu akan mempunyai dampak lingkungan yang besar. Karena itu sedini mungkin haruslah kita mencari jalan untuk dapat menyediakan energi dengan kerusakan lingkungan hidup sekecil mungkin, bahkan untuk dapat menggunakan energi itu untuk menaikkan kualitas lingkungan hidup.

Masalah lingkungan antropogenik sebenarnya tidaklah menurun, melainkan meningkat. Bahkan sebagian masalah lingkungan itu bersifat global dan mengancam kehidupan

di seluruh bumi. Masalah serius yang bersifat regional ialah hujan asam dan yang bersifat global pemanasan global, kepunahan jenis dan kerusakan lapisan ozon di stratosfer.

Hujan asam disebabkan oleh pencemaran udara yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, yaitu gas bumi, minyak bumi dan batubara. Pembakaran itu menghasilkan gas oksida belerang dan oksida nitrogen. Kedua jenis gas itu dalam udara mengalami reaksi kimia dan berubah menjadi asam, yaitu berturut-turut asam sulfat dan asam nitrat. Asam itu dapat langsung terbawa angin ke permukaan bumi dan mengenai mahluk hidup dan bangunan. Asam yang langsung mengenai permukaan bumi ini disebut deposisi kering.

Sebagian asam itu terbawa angin ke atas dan terbawa oleh hujan yang turun ke bumi dan disebut deposisi basah. Deposisi kering dan basah secara populer disebut hujan asam.

19AUG02 → Hujan asam telah menyebabkan kematian banyak organisme air di sungai dan danau. Beribu danau di Amerika Utara dan Eropa telah mengalami kematian. Di Eropa sekitar 50 juta hektar hutan telah mengalami kerusakan oleh hujan asam.

Pemasaman danau dan sungai serta kerusakan pada hutan dan tanaman pertanian telah menyebabkan kerugian bermilyar dollar setiap tahunnya. Selain itu hujan asam juga menaikkan kelarutan beberapa jenis logam. Misalnya, di beberapa daerah diAmerika Serikat yang mengalami hujan asam lebih banyak timbal dari pipa ledeng yang larut sehingga kadar timbal dalam air ledeng naik melampaui ambang batas. Hujan asam juga merusak bangunan sehingga menyebabkan kerusakan yang tak ternilai harganya pada gereja dan monumen bersejarah yang terbuat dari marmer,misalnya di Roma dan Athena.

Pemanasan global ialah peristiwa naiknya intensitas efek rumah kaca (ERK). ERK terjadi karena adanya gas dalam atmosfer yang menyerap sinar panas, yaitu sinar inframerah, yang dipancarkan oleh bumi. Gas itu disebut gas rumah kaca (GRK). Dengan penyerapan itu sinar panas terperang-

kap sehingga naiklah suhu permukaan bumi.

Istilah efek rumah kaca (greenhouse effect) berasal dari pengalaman petani di daerah iklim sedang. Dalam musim rontok, musim dingin dan musim semi pada waktu suhu masih dingin, petani itu menanam sayuran dan bibit tanaman dalam rumah kaca. Pada siang hari pada waktu hari cerah suhu dalam rumah kaca itu lebih tinggi daripada di luar bangunan rumah kaca, walaupun alat pemanas tidak dinyalakan. Kenaikan suhu dalam rumah kaca itu disebut efek rumah kaca. Kenaikan suhu itu disebabkan oleh terperangkapnya panas di dalam rumah kaca. ERK itu juga terjadi, misalnya, dalam mobil yang diparkir yang terkena sinar matahari dengan jendela dan pintu yang tertutup. Waktu kita masuk ke dalam mobil itu suhunya kita rasakan sangat panas. Untuk menurunkan suhu itu kaca jendela kita buka lebar-lebar.

Keterangan di atas menunjukkan efek rumah kaca tidaklah berkaitan dengan dibangunnya banyak gedung yang berdinding kaca.

Seandainya tidak ada GRK dan karena itu tidak ada ERK, suhu permukaan bumi rata-rata akan hanya -18^{0}C saja, terlalu dingin bagi kehidupan mahluk hidup. Dengan adanya ERK suhu bumi adalah rata-rata 15^{0}C, seperti yang kita kenal. Jadi ERK sangat berguna bagi kehidupan di bumi.

Tetapi pada akhir-akhir ini tercatat naiknya kadar GRK dalam atmosfer, yaitu CO_2 dan beberapa gas lain. Dengan naiknya kadar GRK dikhawatirkan intensitas ERK pun akan meningkat sehingga suhu permukaan bumi akan naik pula. Inilah yang disebut pemanasan global, seperti disebut di atas.

Pemanasan global akan mempunyai berbagai macam dampak. Pertama, dengan naiknya suhu daerah pertanian di Amerika Utara dan Eropa akan bergeser ke utara. Dampak ini menguntungkan bagi negara di daerah yang letaknya di utara, misalnya Kanada, Finlandia, Swedia dan Norwegia.

Kedua, naiknya suhu akan menyebabkan perubahan

iklim sedunia, yaitu perubahan curah hujan. Misalnya, di daerah pertanian di Amerika Serikat yang sekarang merupakan lumbung gandum diperkirakan curah hujan akan berkurang. Sebaliknya di sebagian Afrika curah hujan akan bertambah. Tetapi kenaikan curah hujan ini kurang dapat dimanfaatkan karena tidak adanya prasarana pertanian yang baik. Dengan adanya perubahan iklim itu bermilyar dollar akan diperlukan untuk membangun prasarana pertanian untuk dapat memanfaatkan curah hujan yang lebih banyak itu.

Keempat, pemanasan global akan menaikkan frekuensi maupun intensitas badai. Negara yang kini telah banyak mengalami badai, seperti Banglades dan Filipina, akan menderita lebih berat lagi.

Kelima, pemanasan global juga akan menaikkan suhu permukaan laut. Kenaikan suhu itu akan menyebabkan bertambahnya volume air laut. Pemanasan global juga akan menyebabkan melelehnya es abadi di pegunungan dan di daerah kutub. Inipun akan menaikkan volume air laut. Dengan naiknya volume air laut permukaan laut akan naik. Dengan laju kenaikan kadar GRK seperti sekarang diperkirakan pada sekitar tahun 2030 suhu akan naik dengan 1,5-4,5^{0}C. Kenaikan suhu ini akan menyebabkan naiknya permukaan laut dengan 25 sampai 140 cm.

Dampak naiknya permukaan laut ialah tergenangnya daerah pantai yang rendah, misalnya tambak, sawah di daerah pasang surut dan bagian kota yang rendah, seperti daerah pantai Jakarta, Surabaya dan Semarang. Masalah peresapan air laut di sungai dan di bawah tanah akan makin berat. Kenaikan permukaan laut juga akan menyebabkan naiknya laju erosi pantai. Untuk setiap kenaikan permukaan laut 1 cm garis pantai akan mundur 1 m sehingga kenaikan permukaan laut 25 sampai 140 cm akan menyebabkan mundurnya garis pantai sejauh 25 sampai 140 m. Dengan demikian banyak pantai wisata serta jalan, bangunan, sawah dan tambak di tepi pantai yang akan mengalami kerusakan.

Uraian di atas menunjukkan betapa besarnya kerugian

sosial-ekonomi yang dapat diakibatkan oleh pemanasan global.

Sumber CO_2 ialah terutama pembakaran bahan bakar fosil. Biomassa hutan mengandung banyak karbon. Jika hutan ditebang dan kayunya dibakar atau membusuk karbon yang tersimpan di dalamnya lepas ke udara sebagai CO_2. Karena itu penyusutan hutan yang banyak terjadi baik di daerah tropik maupun daerah nir-tropik juga merupakan sumber CO_2 yang penting. Tetapi CO_2 dari sumber ini lebih sedikit daripada dari pembakaran bahan bakar fosil.

Kepunahan jenis merupakan masalah yang banyak dirisaukan. Setiap mahluk hidup mengandung gen, yaitu sifat keturunan, di dalam tubuhnya. Gen itu sangat berguna bagi industri, pertanian, perhutanan, perikanan dan peternakan (lihat bab V). Karena itu kepunahan jenis berarti hilangnya sumberdaya gen yang mengurangi kemampuan kita dalam pembangunan industri, pertanian, perhutanan, perikanan dan peternakan.

Penyebab kepunahan jenis ialah hujan asam dan penyusutan luas hutan. Pembangunan pertanian, perhutanan, perikanan dan peternakan yang makin menuju pada monokultur, yaitu budidaya yang terdiri atas satu jenis saja, merupakan pula sebab penting dalam penyusutan sumberdaya gen. Apalagi monokultur itu makin terdiri dari varietas unggul yang sedikit jumlahnya sehingga banyak varietas lokal yang telah hilang, misalnya varietas lokal padi, pisang dan mangga.

Ozon ialah senyawa kimia yang terdiri atas tiga atom oksigen. Di lapisan atmosfer yang rendah ia mengganggu kesehatan. Di lapisan atas atmosfer ia melindungi mahluk hidup dari sinar ultraviolet yang dipancarkan oleh matahari. Apabila kadar ozon dalam lapisan itu berkurang, kadar sinar ultraviolet yang sampai ke bumi bertambah. Dengan ini risiko untuk mengidap penyakit kanker kulit, katarak dan menurunnya kekebalan tubuh akan meningkat.

Dalam tahun 1985 sebuah tim peneliti Inggris di daerah kutub selatan Antartika menemukan penurunan yang drastis kadar ozon dalam stratosfer pada permulaan musim semi.

Kejadian ini kemudian ditemukan pula di atas daerah kutub utara Afrika. Ada bukti yang kuat yang menunjukkan, penurunan itu disebabkan karena rusaknya ozon oleh segolongan zat kimia yang disebut klorofluorokarbon (KFK). KFK banyak digunakan dalam industri dan kehidupan kita sehari-hari, antara lain, sebagai gas freon yang dipakai dalam alat pendingin AC dan almari es. KFK juga digunakan sebagai gas pendorong dalam aerosol, misalnya parfum, *hairspray* dan zat racun hama. Dalam aerosol itu zat dikemas dengan tekanan dalam kaleng atau botol bersama KFK. Dengan menekan sebuah tombol keluarlah zat tersebut sebagai semprotan dari kaleng atau botol didorong oleh KFK. Demikian pula KFK digunakan untuk membuat plastik busa yang gunakan, misalnya untuk melindungi barang elektronika dalam kemasan dus dan sebagai bahan isolasi rumah agar dalam musim dingin udara panas tidak keluar dari ruangan yang dihangatkan atau udara dingin tidak keluar dari ruangan rumah yang ber-AC.

Meskipun adanya bahaya yang mengancam dari efek rumah kaca, hujan asam dan kerusakan lapisan ozon, namun perhatian dunia terhadap lingkungan masih tetap dikalahkan oleh energi dan masalah ekonomi. Apabila terjadi kesulitan dalam ekonomi pada umumnya dan energi pada khususnya, investasi dalam lingkunganlah yang pertama kali dikurangi. Untungnya usaha dalam bidang energi, antara lain menaikkan efisiensi penggunaan energi, akan pula mempunyai dampak positif terhadap lingkungan. Demikian pula apabila ekonomi dunia dapat diperbaiki, khususnya di negara sedang berkembang, kemampuan untuk memelihara dan memperbaiki kerusakan lingkungan juga akan naik. Nampaknya inilah strategi yang dilakukan oleh Komisi Sedunia untuk Lingkungan dan Pembangunan (*World Commission on Environment and Development*) yang diketuai oleh Brundtland, Perdana Menteri Norwegia. Laporan Komisi itu menyatakan bahwa tidak ada konflik antara pembangunan dan lingkungan dan justru pembangunan ekonomi diperlukan untuk memperbaiki lingkungan. Kelemahan dalam pendekatan ini tentulah tidak

adanya jaminan bahwa sebagian keuntungan dari pembangunan ekonomi itu akan diinvestasikan untuk lingkungan ataupun bahwa proses pembangunan ekonomi itu tidak akan merusak lingkungan, meskipun laporan Brundtland itu menekankan keharusan pembangunan yang berkelanjutan. Dapat saja terjadi kenaikan efisiensi penggunaan energi justru akan memacu konsumsi energi ke tingkat yang lebih tinggi.

Harapan untuk dapat diambilnya tindakan yang tepat nampaknya lebih besar, apabila kesadaran akan adanya bahaya terhadap kesehatan dan kesejahteraan umat manusia dapat ditumbuhkan. Misalnya, pada tahun 1985 telah disetujui sebuah persetujuan internasional yang dikenal dengan nama Konvensi Wina. Konvensi ini bertujuan untuk membatasi dan akhirnya melarang penggunaan KFK dan zat lain yang menyebabkan kerusakan lapisan ozon di stratosfer.

Pada bulan Juni1992, tepat 20 tahun setelah Konperensi Stokholm, di Rio de Janeiro, Brasil, telah diadakan Konperensi PBB tentang lingkungan hidup lagi. Konperensi ini yang bernama Konperensi PBB tentang Lingkungan dan Pembangunan (*United Nations Conference on Environment and Development*) terkenal juga dengan nama KTT Bumi karena yang hadir adalah para kepala negara dan pemerintahan dan yang dibicarakan adalah masalah keselamatan bumi. KTT Bumi yang dihadiri oleh lebih dari 100 kepala negara dan kepala pemerintahan telah menghasilkan (1) Deklarasi Rio, (2) Konvensi tetang Perubahan Iklim, (3) Konvensi tentang Keanekaan Hayati, (4) Prinsip tentang Hutan dan (5) Agenda 21.

Deklarasi Rio mengandung prinsip-prinsip kesepakatan. Dalam Deklarasi dinyatakan bahwa tujuan KTT Bumi ialah untuk mengembangkan kemitraan global baru yang adil. Deklarasi itu menyatakan bahwa manusia adalah pusat perhatian pembangunan berkelanjutan. Hal ini menunjukkan dengan jelas pandangan antroposentris Deklarasi Rio. Sifat antroposentris mengandung bahaya tidak dapat tercapainya pembangunan berkelanjutan. Deklarasi itu

berusaha untuk mengurangi bahaya itu dengan menyatakan bahwa manusia berhak atas kehidupan yang sehat dan produktif yang serasi dengan alam.

Prinsip tentang Hutan mencakup semua jenis hutan, yaitu hutan boreal (hutan di daerah utara), hutan iklim sedang, hutan tropik dan hutan austral (hutan di daerah selatan). Dalam prinsip ini diakui fungsi ganda hutan, yaitu untuk memenuhi kebutuhan sosial, ekonomi, ekologi, kultural dan spiritual generasi sekarang maupun generasi yang akan datang. Dengan demikian walaupun diakui hak setiap negara untuk menggunakan hutan sebagai sumberdaya untuk pembangunannya, namun pembangunan itu haruslah dilakukan dengan berkelanjutan dengan mengingat kebutuhan generasi yang akan datang. Dalam Prinsip tentang Hutan diakui perlunya alih teknologi dengan persyaratan yang menguntungkan. Prinsip lain ialah perlunya dikembangkan ekonomi dan perdagangan internasional yang terbuka dan dilarangnya tindakan unilateral dengan dalih lingkungan.

Berdasarkan prinsip ini tidaklah dibenarkan untuk hanya memperhatikan hutan tropik saja, baik yang berkaitan dengan pemanasan global maupun kepunahan jenis, melainkan haruslah semua jenis hutan. Kenyataannya memang menunjukkan bahwa kerusakan dan penyusutan luas hutan tidak hanya terjadi di daerah tropik, melainkan juga di daerah lain.

Konvensi tentang Perubahan Iklim dan Konvensi tentang Keanekaan Hayati memuat persetujuan internasional tentang kedua masalah tersebut. Berbeda dengan Deklarasi Rio dan Prinsip tentang Hutan yang hanya mempunyai ikatan moril, kedua konvensi mempunyai ikatan hukum. Dari segi hukum kedua konvensi itu mempunyai kekuatan yang besar.

Agenda 21 memuat daftar panjang tentang program kerja yang perlu dilakukan untuk dapat terlaksananya persetujuan yang dicapai di Rio. Daftar itu memang sangat ambisius dan memerlukan biaya yang sangat besar untuk implementasinya sehingga diragukan apakah akan dapat

terlaksana semua. Tetapi seandainya hanya sebagian pun yang dapat terlaksana dengan baik, KTT Bumi akan bernasib lebih baik daripada Konperensi Stokholm yang praktis tidak ada tindak lanjutnya.

Walaupun implimentasi hasil Rio sangat diperlukan untuk menangani masalah lingkungan yang makin memburuk, namun kita harus waspada juga agar kita tidak dirugikan oleh implimentasi. Sebab semua persetujuan merupakan kompromi antara pihak-pihak yang melakukan persetujuan itu sehingga masing-masing pihak akan berusaha untuk menginterpretasikan persetujuan itu sesuai dengan persepsinya masing-masing. Karena itu kita harus melakukan pekerjaan rumah (PR) kita dengan baik agar siap dengan interpretasi yang menguntungkan kita dan menolak interpretasi yang merugikan kita. Jadi walaupun KTT Bumi telah usai sebenarnya tugas kita untuk melakukan PR barulah mulai. Jika kita lalai, kita akan dapat menderita kerugian yang besar atau paling sedikit tidak dapat memanfaatkan kesempatan yang tersedia.

Sebuah contoh ialah dalam hal isu tentang hutan. Seperti telah diuraikan di muka, walaupun memang harus kita akui bahwa telah terjadi kerusakan dan penyusutan luas hutan tropik, tidaklah adil apabila yang dikenakan ekolabel, yaitu sertifikat bahwa sebuah produk kayu berasal dari hutan yang dikelola dengan berkelanjutan (*sustainable management*), hanyalah produk kayu dari hutan tropik. Sebab di Amerika Serikat, Kanada dan Rusia pembalakan (*logging*) juga banyak dilakukan dengan cara yang merusak lingkungan, jadi tidak berdasarkan prinsip pengelolaan yang berkelanjutan. Adil dan wajarlah untuk mengenakan ekolabel pada semua produk kayu. Kecuali adil, cara ini juga sesuai dengan prinsip tentang hutan yang dihasilkan di Rio yang mencakup semua jenis hutan.

BAB II

EKOLOGI

1. ARTI EKOLOGI

Inti permasalahan lingkungan hidup adalah hubungan mahluk hidup, khususnya manusia, dengan lingkungan hidupnya. Ilmu tentang hubungan timbal balik mahluk hidup dengan lingkungan hidupnya disebut ekologi. Oleh karena itu permasalahan lingkungan hidup pada hakekatnya adalah permasalahan ekologi.

Istilah ekologi pertama kali digunakan oleh Haeckel, seorang ahli ilmu hayat, dalam pertengahan dasawarsa 1860-an. Istilah ini berasal dari bahasa Yunani, yaitu *oikos* yang berarti rumah dan *logos* yang berarti ilmu. Karena itu secara harfiah ekologi berarti ilmu tentang mahluk hidup dalam rumahnya atau dapat diartikan juga sebagai ilmu tentang rumah tangga mahluk hidup.

Ekologi dan ekonomi mempunyai banyak persamaan. Hanya saja dalam ekologi mata uang yang dipakai dalam transaksi bukanlah uang rupiah atau dollar, melainkan materi, energi, dan informasi. Arus materi, energi, dan informasi dalam suatu komunitas atau antara beberapa komunitas mendapat perhatian utama dalam ekologi, seperti halnya arus uang dalam ekonomi. Oleh karena itu ekologi dapat juga dikatakan ekonomi alam, yang melakukan transaksi dalam bentuk materi, energi, dan informasi.

Dalam pengelolaan lingkungan pandangan kita bersifat antroposentris, yaitu melihat permasalahannya dari sudut kepentingan manusia. Walaupun tumbuhan, hewan, dan unsur takhidup diperhatikan, namun perhatian itu secara eksplisit atau implisit dihubungkan dengan kepentingan

manusia. Kelangsungan hidup suatu jenis tumbuhan atau hewan, misalnya, dikaitkan dengan peranan tumbuhan atau hewan itu dalam memenuhi kebutuhan hidup kita, baik materiil, misalnya sebagai bahan makanan, maupun non-materiil, misalnya nilai ilmiah dan estetisnya. Dapat juga tumbuhan dan hewan itu dianggap sebagai sumberdaya gen yang merupakan bank simpanan gen untuk keperluan hari depan kita dan anak-cucu kita. Oleh karena itu dalam pengelolaan lingkungan, ekologi yang kita butuhkan ialah ekologi manusia. Ia merupakan cabang khusus ekologi, di samping ekologi tumbuhan, ekologi hewan dan ekologi jasad renik. Ekologi manusia ialah ilmu yang mempelajari hubungan timbal-balik antara manusia dengan lingkungan hidupnya.

Manusia di dalam kehidupannya tidaklah cukup memperhatikan materi, energi, dan informasi. Dalam kehidupannya yang modern arus uanglah yang lebih penting. Oleh karena itu, walaupun ekologi penting, ia bukanlah satu-satunya masukan untuk mengambil keputusan dalam permasalahan lingkungan hidup, melainkan hanyalah salah satu masukan saja. Masukan lainnya ialah ekonomi dan juga teknologi, politik, dan sosial budaya. Ekologi adalah salah satu komponen dalam sistem pengelolaan lingkungan hidup yang harus ditinjau bersama dengan komponen lain untuk mendapatkan keputusan yang seimbang. Di dalam buku ini ekologilah yang menjadi titik pusat perhatian.

2. KONSEP EKOSISTEM

Suatu konsep sentral dalam ekologi ialah ekosistem, yaitu suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal-balik antara mahluk hidup dengan lingkungannya. Menurut pengertian, suatu sistem terdiri atas komponen-komponen yang bekerja secara teratur sebagai suatu kesatuan. Ekosistem terbentuk oleh komponen hidup dan takhidup di suatu tempat yang berinteraksi membentuk suatu kesatuan yang teratur. Keteraturan itu terjadi oleh adanya arus materi dan energi yang terkendalikan oleh arus informasi antara komponen dalam ekosistem itu. Masing-masing komponen itu mempunyai fungsi atau relung. Selama masing-

masing komponen itu melakukan fungsinya dan bekerjasama dengan baik, keteraturan ekosistem itu pun terjaga.

Keteraturan ekosistem menunjukkan, ekosistem tersebut ada dalam suatu keseimbangan tertentu. Keseimbangan itu tidaklah bersifat statis, melainkan dinamis. Ia selalu berubah-ubah. Kadang-kadang perubahan itu besar, kadang-kadang kecil. Perubahan itu dapat terjadi secara alamiah, maupun sebagai akibat perbuatan manusia.

Dalam bab I telah diuraikan keadaan bumi selalu berubah-ubah. Kandungan CO_2 dan O_2 dalam udara, iklimnya, gunungnya, flora dan faunanya tidaklah tetap. Dalam skala yang kecil kita lihat pada Gunung Krakatau. Setelah letusannya yang amat dahsyat dalam tahun 1883, kehidupan di pulau itu dapat dikatakan terhapus. Dari penelitian yang dilakukan secara berulang dalam jangka panjang, dapatlah diketahui kehidupan kembali lagi. Mula-mula terdapat tumbuhan tingkat rendah, seperti lumut dan paku-pakuan. Kemudian tumbuhan tingkat tinggi. Proses ini disebut suksesi (Gambar 2.1). Jadi dengan adanya letusan Gunung Krakatau itu keseimbangan telah berubah sama sekali. Di dunia yang fana ini tak ada yang lestari atau kekal: hutan tumbuh dan hancur, gunung dan pulau terbentuk dan lenyap, iklim berubah dan permukaan laut naik dan turun.

Kita dapat membuat batas ekosistem yang kecil atau besar. Suatu akuarium, misalnya, dapatlah kita anggap sebagai suatu ekosistem. Sebuah hutan yang luasnya beberapa puluh ribu hektar merupakan juga suatu ekosistem. Demikian pula seluruh bumi ini dapat dianggap sebagai ekosistem yang besar.

Dalam hal akuarium, ekosistem itu terdiri atas ikan, tumbuhan air, dan plankton yang terapung dan melayang dalam air sebagai komponen mahluk hidup, serta pasir, air, mineral, dan oksigen yang terlarut dalam air sebagai komponen takhidup. Kita lihat adanya keteraturan dalam ekosistem akuarium itu.

Suatu ekosistem dapat dibagi dalam beberapa sub-ekosistem. Misalnya, ekosistem bumi kita dapat dibagi dalam sub-ekosistem lautan, sub-ekosistem daratan, sub-ekosis-



Gambar 2.1. Tumbuhan pionir rumput yang mulai tumbuh di lereng Gunung Anak Krakatau. Apabila tidak terganggu oleh letusan baru, lambat-laun rumput akan disusul oleh semak-belukar dan akhirnya akan tumbuh hutan. Proses ini disebut suksesi.

Foto: Otto Soemarwoto

tem danau, dan sub-ekosistem sungai. Sub-ekosistem daratan dapat pula dibagi dalam bagian-bagian sub-ekosistem hutan, sub-ekosistem belukar, sub-ekosistem padang pasir. Antara masing-masing sub-ekosistem itu pun terjadi interaksi dan antara sub-ekosistem itu terdapat arus materi, energi, dan informasi. Pembagian demikian itu berguna untuk mempelajari suatu ekosistem yang besar.

Dengan adanya konsep ekosistem itu, kita memandang unsur-unsur dalam lingkungan hidup kita tidak secara tersendiri, melainkan secara terintegrasi sebagai komponen yang berkaitan dalam suatu sistem. Pendekatan ini disebut

pendekatan ekosistem, atau pendekatan *holistik*, yang berlawanan dengan pendekatan analitik yang parsial. Hubungan fungsional antara komponen yang mengikat mereka dalam kesatuan yang teratur merupakan perhatian utama dalam pendekatan ekosistem.

3. MATERI

Tubuh kita, hewan, tumbuhan, batu dan lain-lain tersusun oleh materi. Materi itu terdiri dari unsur kimia, seperti karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan fosfor (P). Huruf dalam kurung ialah singkatan yang dipakai sebagai lambang unsur yang bersangkutan di dalam ilmu. Jumlah unsur alamiah ada 89. Di samping itu terdapat unsur yang dibentuk di dalam laboratorium, antara lain Californium (Cf), Einsteinium (Es), Fermium (Fm) dan Lawrencium (Lw).

Unsur-unsur kimia berkombinasi membentuk molekul. Misalnya, molekul gas oksigen terdiri atas dua atom O (O_2) dan molekul air terdiri atas dua atom H dan satu atom O (H_2O). Ada molekul yang lebih kompleks. Misalnya, molekul gula tebu terdiri atas 12 atom C, 22 atom H dan 11 atom O ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Molekul protein lebih kompleks lagi.

Dalam proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan hijau, 6 molekul CO_2 dan 6 molekul air (H_2O) diolah menjadi satu molekul gula glukose. Gula glukose merupakan salah satu bentuk zat organik. Dalam proses ini dihasilkan juga 6 molekul O_2. Reaksi fotosintesis itu ialah:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Reaksi ini berjalan dengan menggunakan energi cahaya matahari.

Gula glukose umumnya lalu disusun menjadi pati yang dapat tersimpan dalam jumlah besar dalam batang, misalnya sagu, dalam buah, misalnya padi, dan dalam umbi, misalnya ubi kayu. Gula dan pati secara umum disebut karbohidrat. Termasuk dalam golongan ini ialah juga selulose yang menjadi bagian utama tubuh tumbuhan, seperti batang, akar, dan daun.

Karena tumbuhan hijau dapat memproduksi bahan organik dari bahan anorganik, yaitu CO_2 dan H_2O, dengan menggunakan energi matahari, tumbuhan hijau disebut produsen.

Karbohidrat dapat diolah lebih lanjut menjadi lemak. Bersama unsur-unsur lain yang diserap oleh tumbuhan dari tanah, seperti N, P dan S, terbentuklah protein, vitamin dan zat-zat lain lagi.

Materi yang kita butuhkan untuk menyusun tubuh kita, kita dapatkan dari makanan kita. Materi dalam makanan itu berbentuk karbohidrat, lemak, protein dan lain-lain. Kecuali untuk menyusun tubuh kita, makanan itu juga mengandung zat yang diperlukan untuk mengatur proses kimia yang terjadi dalam tubuh kita, yaitu yang disebut metabolisme. Zat ini ialah, antara lain, vitamin dan mineral tertentu. Bersamaan dengan materi, dari makanan kita dapatkan juga energi.

Hewan, untuk hidupnya juga harus makan. Dalam ekologi, manusia dan hewan disebut *konsumen*. Kita lihat adanya proses makan memakan dalam alam. Tumbuhan hijau dimakan oleh ulat. Ulat dimakan oleh burung prenjak dan burung prenjak pada gilirannya dimakan oleh ular. Proses makan-memakan disebut rantai makanan, yang terdiri atas banyak mata rantai. Rantai makanan itu bercabang-cabang merupakan jaring-jaring. Jaring-jaring itu disebut jaring-jaring makanan.

Mahluk pemakan tumbuhan disebut *herbivora*, dan mahluk pemakan daging disebut *karnivora*. Ulat adalah herbivora. Burung prenjak dan ular karnivora.

Materi mengalir dari mata rantai makanan yang satu ke mata rantai yang lain. Jika mahluk mati, tidak berarti aliran materi terhenti, melainkan mahluk yang mati menjadi makanan mahluk lain. Misalnya, bangkai hewan "dimakan" oleh jasad renik, seperti bakteri dan jamur, dalam proses pembusukan. Dalam proses ini sebagian bangkai itu digunakan untuk menyusun tubuh jasad renik. Sebagian lagi terurai menjadi gas, cairan, dan mineral. Salah satu gas yang terbentuk ialah CO_2. Gas CO_2 kemudian digunakan oleh

tumbuhan dalam proses fotosintesis. Cairan dan mineral sebagian masuk ke dalam tanah dan sebagian lagi diserap oleh tumbuhan. Tumbuhan dimakan oleh mahluk herbivora dan berulanglah proses makan-memakan. Dengan demikian kita lihatlah aliran materi merupakan daur (Gambar 2.2). Materi tak habis-habisnya. Ia mengalir dari tubuh mahluk yang satu ke tubuh mahluk yang lain dan dari dunia hidup ke dunia tak-hidup serta kembali lagi ke dunia hidup. Daur materi itu disebut daur biogeokimia, karena daur itu meliputi proses biologi, geologi dan kimia. Mata rantai mahluk hidup dalam daur biogeokimia merupakan jaring-jaring kehidupan. Jaring-jaring kehidupan itu tak terpisahkan dari unsur tak hidup dalam lingkungan. Manusia adalah bagian jaring-jaring kehidupan (Gambar 2.2).

19 AUG 02

④ ENERGI

Energi kita perlukan untuk melakukan kerja. Dengan lain perkataan tanpa energi kita tidak dapat melakukan kerja. Berjalan kaki dan menimba air adalah contoh kerja. Membangun dan memelihara rumah adalah juga kerja. Waktu anak tumbuh, tersusunlah materi menjadi tubuh anak, sehingga tubuh itu menjadi besar. Selama hidup kita, ada bagian tubuh yang luka dan sel yang mati. Tubuh yang luka harus disembuhkan dan sel yang mati diganti dengan sel baru. Penyembuhan luka dan penggantian sel merupakan pemeliharaan tubuh yang harus dilakukan secara terus-menerus. Pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh juga harus dilakukan secara terus-menerus. Pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh itu juga merupakan kerja. Karena itu untuk dapat hidup kita harus mendapatkan energi dengan terus-menerus.

Energi tidak dapat kita lihat. Yang terlihat ialah efek energi tersebut. Misalnya, kita menggunakan energi untuk mendorong sebuah benda. Energi yang terpakai tidak nampak. Yang nampak ialah benda itu telah berpindah tempat. Demikian pula bensin mengandung energi. Tetapi energinya itu sendiri tidak nampak. Adanya energi dalam bensin itu dapat terlihat waktu bensin itu dibakar dalam



A



B

Gambar 2.2. Arus dan daur materi tumbuhan — kambing — manusia. Tumbuhan dengan fotosintesis menyusun tubuhnya dari bahan baku gas CO_2 dan H_2O (air). Tumbuhan dimakan kambing (A). Kambing bernafas. Kambing disembelih dan dagingnya dimakan manusia (B). Manusia juga bernafas. Dalam pernafasan dihasilkan CO_2 dan uap H_2O. CO_2 dan H_2O digunakan oleh tumbuhan untuk fotosintesis.
Foto: Otto Soemarwoto

mesin dan mesin itu menggerakkan kendaraan.

Dalam kehidupan kita, kita menggunakan tiga jenis energi, yaitu energi yang berasal dari matahari, panas bumi dan energi nuklir yang berasal dari reaksi nuklir dalam reaktor atom. Sebenarnya energi matahari juga berasal dari reaksi nuklir yang terjadi dalam matahari. Energi itu dipancarkan oleh matahari dalam bentuk sinar.

Hingga sekarang energi yang terbanyak kita pakai ialah energi matahari, terutama yang ditambat oleh tumbuhan hijau. Penambatan energi matahari itu terjadi dalam proses fotosintesis.

Dalam proses ini energi matahari diubah menjadi energi kimia yang tersimpan dalam molekul gula glukose. Seperti telah diuraikan di muka molekul gula itu terbentuk dalam proses fotosintesis dari air dan gas CO_2 yang terdapat dalam udara. Gula selanjutnya diubah menjadi pati yang tersimpan dalam tubuh dan digunakan sebagai bahan untuk membentuk tubuh tumbuhan, misalnya akar, batang dan daun.

Energi yang terkandung dalam tubuh tumbuhan itu menjadi sumber energi mahluk hidup lain. Kalau kita makan nasi, misalnya, sebenarnya kita mendapatkan energi dari matahari. Juga kalau kita membakar kayu untuk memasak, sebenarnya kita menggunakan energi matahari.

Makanan yang kita makan mengalami "pembakaran" dalam tubuh kita. Pembakaran ini tidak menggunakan api, melainkan melalui reaksi kimia tertentu dalam tubuh yang merupakan bagian metabolisme. Dalam metabolisme itu energi dalam makanan diubah menjadi bentuk yang dapat digunakan untuk melakukan kerja, seperti gerak otot. Karena metabolisme itu terjadi di dalam tubuh kita, metabolisme ini dalam ekologi manusia disebut *metabolisme intern* (Gambar 2.3).

Di bawah kondisi tertentu tumbuhan yang mati tidak membusuk, melainkan jadi fosil, misalnya dalam bentuk batubara. Dalam batubara masih tersimpan energi yang semula ada dalam tubuh tumbuhan. Dari mahluk hidup lain dalam kondisi tertentu dapat terbentuk minyak bumi. Dalam minyak bumi juga masih tersimpan energi yang se-



Gambar 2.3. Berjalan kaki, memanggul barang dan mengayuh becak adalah kerja dengan energi metabolisme intern. Orang naik motor dan mobil menggunakan energi metabolisme ekstern dari pembakaran di dalam mesin. Negara yang sedang berkembang ditandai oleh penggunaan energi dari metabolisme intern yang besar dan negara yang maju oleh metabolisme ekstern yang besar. *Foto: Otto Soemarwoto*

mula terdapat dalam tubuh mahluk hidup. Batubara dan minyak bumi disebut bahan bakar fosil.

Angin, yang sebenarnya adalah udara yang bergerak, juga mengandung energi. Energi angin itu dapat digunakan untuk menggerakkan perahu layar dan kincir angin. Kincir angin dapat dipakai untuk memutar mesin atau membangkitkan listrik. Terjadinya angin ialah oleh perbedaan suhu di dua tempat karena perbedaan penyinaran oleh matahari atau perbedaan penyerapan sinar matahari. Misalnya, dalam bulan Juni — Agustus matahari ada di atas belahan bumi bagian utara. Benua Australia yang terletak di belahan bumi bagian selatan mengalami musim dingin dan daratan Asia (Cina dan Mongolia), yang terletak di belahan bumi



Gambar 2.4. Air yang mengalir dalam sungai mengandung energi. Sungai dapat dibendung dan air digunakan untuk memutar turbin listrik. Dalam proses ini energi potensial air diubah menjadi energi listrik.
Foto: Otto Soemarwoto

bagian utara, mengalami musim panas. Angin mengalir dari tempat yang dingin ke tempat yang panas, yaitu dari Australia ke daratan Asia. Demikian pula pada siang hari suhu permukaan daratan lebih tinggi dari suhu permukaan laut, karena daratan lebih mudah dipanaskan oleh matahari daripada air. Pada siang hari angin bergerak dari laut ke daratan. Jadi angin itu sebenarnya juga berasal dari energi matahari.

Kecuali angin yang berasal dari energi matahari ada juga angin yang berasal dari perputaran bumi.

Air yang mengalir di sungai juga mengandung energi (Gambar 2.4). Jika sungai dibendung, energi aliran air itu dapat digunakan untuk memutar generator untuk membangkitkan listrik. Air yang mengalir di sungai semula berasal dari laut. Air laut menguap karena penyinaran oleh matahari. Uap terhembus oleh angin ke daratan dan terbentuk awan waktu angin naik karena adanya gunung. Awan ber-

ubah menjadi hujan dan sebagian air hujan mengalir di sungai. Jadi energi dalam air sungai itu berasal juga dari matahari.

Dengan makin mahalnya bahan bakar minyak, kini banyak usaha dilakukan untuk secara langsung dapat menggunakan energi matahari, antara lain, untuk membangkitkan listrik dan untuk memanaskan air.

Energi panas bumi berasal dari magma yang panas. Magma terdapat di dalam perut bumi. Di daerah volkanis magma itu terletak dekat dengan permukaan bumi. Air tanah yang bersentuhan dengan batuan yang panas berubah menjadi uap. Dengan pemboran, uap dalam tekanan tinggi dapat disalurkan melalui pipa untuk memutar generator listrik. Pembangkit listrik demikian disebut Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). PLTP terdapat, antara lain, di sekitar Kawah Kamojang di Jawa Barat dan Kawah Dieng di Jawa Tengah. PLTP Kamojang telah mulai beroperasi. Eksplorasi untuk memanfaatkan energi panas bumi dilakukan dengan giat, antara lain di Sulawesi, Flores, dan Jawa.

Energi nuklir masih merupakan bagian kecil energi yang kita pakai, tetapi ada kecenderungan pemakaiannya akan terus meningkat, karena kelangkaan dan makin mahalnya bahan bakar minyak. Energi nuklir, antara lain digunakan untuk membangkitkan listrik dan untuk menggerakkan kapal.

Kendala Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) ialah bahwa jika terjadi kecelakaan dan zat radioaktif keluar ke atmosfer, dampaknya terhadap kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya dapat sangat berbahaya. Sebuah contoh ialah kecelakaan pada PLTN Chernobil di Rusia yang pada waktu terjadi kecelakaan telah menghamburkan zat radioaktif ke seluruh Eropa. Walaupun PLTN yang mutakhir telah dibuat sangat aman, namun risiko terjadinya kecelakaan tetap tidak dapat dieliminasi. Di samping itu pengelolaan limbah radioaktif tidaklah mudah karena dalam jangka waktu yang sangat panjang radioaktifnya belumlah habis. Karena kendala-kendala itu pembangunan PLTN selalu menimbulkan kontroversi dan tantangan terhadap

pembangunan PLTN masih sangat kuat.

Penggunaan energi untuk kerja dengan menggunakan hewan dan mesin di dalam ekologi manusia disebut *metabolisme ekstern*. Artinya, kita mendapatkan energi untuk melakukan kerja tidak melalui metabolisme di dalam tubuh kita. Di dalam mobil, misalnya, pembakaran terjadi di dalam mesin mobil. Terutama metabolisme ekstern dengan menggunakan bahan bakar fosil dan nuklir, serta listrik dari tenaga air, telah memungkinkan manusia untuk menggunakan energi dalam jumlah besar. Kemampuan metabolisme ekstern yang tinggi menjadi ciri negara yang telah maju teknologinya, sedangkan negara yang masih terbelakang dalam teknologi mempunyai metabolisme ekstern yang rendah.

5. INFORMASI

Informasi dapatlah diartikan sebagai suatu hal yang memberikan pengetahuan. Informasi dapat berbentuk benda fisik, warna, suhu, kelakuan, dan lain-lain. Misalnya, warna hijau dan bentuk tertentu memberikan informasi kepada kita tentang adanya tumbuhan. Raut muka dan kelakuan orang memberikan informasi kepada kita apakah orang itu sedang bersedih hati atau bergembira.

Kandungan informasi suatu pesan dapat dihitung secara matematis. Kandungan informasi itu menunjukkan banyaknya pengetahuan tambahan yang dapat kita dapatkan dari pesan tersebut. Makin banyak pengetahuan tambahan yang dapat kita dapatkan dari pesan itu, makin tinggi kandungan informasinya, dan sebaliknya. Dengan demikian suatu pesan yang akan dikirim dan yang sebelumnya sudah kita ketahui isinya, pesan itu mempunyai kandungan informasi yang rendah. Makin yakin kita akan isi pesan yang akan dikirim, makin kecillah kandungan informasinya. Apabila kita yakin benar apa isi pesan yang akan dikirim, kandungan informasi pesan itu adalah nol. Kita tidak mendapatkan tambahan pengetahuan apa-apa dari pesan yang kita terima itu. Sebaliknya apabila kita tidak tahu sama sekali apa isi pesan yang dikirim, kita mendapat tambahan pengetahuan banyak dari pesan yang kita terima itu.

Definisi tentang informasi ini kita alami dalam kehidupan kita sehari-hari. Misalnya, apabila ada pengumuman tentang ceramah tentang suatu hal yang sudah kita ketahui, kita tak ada minat untuk menghadiri ceramah itu, karena ceramah yang akan diberikan itu kita anggap akan memberikan kandungan informasi yang kecil. Demikian pula suatu pidato yang menguraikan tentang suatu hal yang sudah sering kita dengar dan dengan menggunakan kata-kata yang sudah banyak sekali dipakai, pidato itu mempunyai kandungan informasi yang kecil. Kata orang, pidato itu merupakan suatu klise. Sebaliknya suatu ceramah atau pidato yang menguraikan tentang suatu hal yang baru, kandungan informasinya adalah tinggi. Secara matematis juga dapat ditunjukkan, seorang yang mempunyai perbendaharaan kata yang kaya dapat mengirimkan kandungan informasi per kata yang lebih tinggi daripada seorang dengan perbendaharaan kata yang miskin. Karena itu seorang guru dan penyuluh harus mempunyai perbendaharaan kata yang besar untuk menaikkan efisiensi pelajaran dan penyuluhannya. Guru dan penyuluh demikian itu akan dapat lebih memikat perhatian para pendengarnya.

Apabila kita mempelajari suatu hal, pada mulanya pengetahuan kita tentang hal tersebut masih sedikit. Kandungan informasi hal tersebut bagi kita adalah tinggi. Makin banyak yang kita ketahui tentang hal tersebut, makin kecillah kandungan informasinya, karena makin sedikit tambahan pengetahuan yang dapat kita dapatkan dari hal tersebut. Sebaliknya kandungan informasi kita tentang hal tersebut meningkat. Kenaikan kandungan informasi kita itu terjadi dengan melakukan kerja. Seperti akan diuraikan dalam bab berikutnya, untuk melakukan kerja itu diperlukan energi dan dengan ini entropi dalam tubuh kita meningkat. Sebuah contoh adalah sebagai berikut.

Misalkan kita mempunyai 15 huruf kertas yang terdiri atas 2 buah A, sebuah B, 2 buah E, sebuah G, 2 buah I, sebuah K, 2 buah P, 2 buah R, sebuah S dan sebuah U. Huruf-huruf itu terletak secara acak di atas meja (Gambar 2.5).



Gambar 2.5. Dari huruf yang letaknya acak tak teratur, kita tidak tahu pesan apa yang terkandung di dalamnya. Dengan melakukan kerja letak huruf dapat diatur. Kandungan informasi kita tentang huruf-huruf bertambah. Tetapi kandungan informasi dalam huruf-huruf turun. Artinya, tambahan pengetahuan yang dapat kita dapatkan daripadanya berkurang.

Kita tidak tahu pesan apa yang terkandung dalam huruf-huruf itu. Sedikit demi sedikit huruf itu kita atur. Kita dapatkan kata IBU. Kandungan informasi kita tentang huruf-huruf itu naik, tetapi kandungan informasi kombinasi simbol yang terdiri atas huruf-huruf itu menurun. Sebab dengan mengatur huruf-huruf itu tambahan pengetahuan yang dapat kita dapatkan berkurang. Akhirnya setelah semua huruf

tersusun menjadi IBU PERGI KE PASAR, kita tidak dapat lagi mendapatkan pengetahuan tambahan dari huruf-huruf itu. Kandungan informasinya telah sangat menurun. Terlihatlah untuk mendapatkan informasi itu kita harus melakukan kerja, yaitu mengatur huruf-huruf.

Makin banyak jumlah hurufnya, makin banyak kemungkinan untuk mengatur huruf itu. Kandungan informasinya juga meningkat. Suatu molekul yang kompleks yang terdiri atas banyak bagian juga mengandung informasi yang lebih tinggi daripada molekul yang sederhana. Untuk membuat molekul yang kompleks itu diperlukan energi yang banyak. Misalnya, molekul DNA yang terdapat di dalam inti sel. DNA merupakan pembawa sifat keturunan mahluk hidup. Bagian-bagian DNA dapat disusun dalam urutan yang mempunyai kemungkinan beribu macam. DNA mengandung informasi yang tinggi. Tidak ada dua individu yang mempunyai sifat yang sama, kecuali anak kembar satu telur.

Kandungan informasi berkaitan erat dengan kementakan. Makin tinggi kementakan suatu pesan dikirimkan, makin rendah kandungan informasinya. Misalnya, pada hari-hari menjelang lebaran kementakan sangat tinggi surat yang kita terima mengandung pesan selamat hari raya Idhul Fitri dari keluarga dan teman dekat. Surat-surat itu mempunyai kandungan informasi yang rendah. Apabila di antara surat yang banyak itu terdapat sepucuk surat yang memberitakan hal yang tidak tersangka-sangka, jadi berita yang mempunyai kementakan yang kecil, misalnya seorang anggota keluarga yang menang undian besar, berita itu mempunyai kandungan informasi yang tinggi. Demikian pula apabila surat lebaran itu dikirim oleh seorang teman yang telah bertahun-tahun tidak berkirim kabar, surat itu mempunyai kandungan informasi yang tinggi. Kita mendapat tambahan pengetahuan teman kita itu masih selamat.

Contoh lain ialah berita tentang lulusnya ujian seorang yang sangat pandai. Berita ini tidak mempunyai kandungan informasi yang tinggi. Hal tersebut sudah dapat diperkirakan sebelumnya. Kementakan kejadiannya adalah tinggi. Karena itu orang menganggapnya bukan berita. Tetapi jika orang

yang sangat pandai itu tidak lulus, barulah dianggap berita. Sebab kementakannya sangat kecil untuk terjadi. Wartawan yang pandai selalu mencari berita yang mempunyai kementakan kecil untuk terjadi. Atau dengan perbendaharaan kata yang kaya, wartawan itu menyusun beritanya menjadi berita yang mempunyai kandungan informasi yang tinggi. Berita itu menjadi hangat.

Contoh lain lagi ialah sebagai berikut. Apabila kita di sawah dan mengambil cuplikan tanaman, kementakannya ialah besar, cuplikan yang kita ambil itu adalah tanaman padi. Cuplikan ini tidak menambah pengetahuan kita, sebab kita sudah tahu tanaman di sawah adalah padi. Tanaman padi yang mempunyai kementakan tinggi untuk terambil dalam cuplikan tidak mengandung banyak informasi. Tetapi kementakannya kecil, cuplikan yang kita ambil adalah tumbuhan jajagoan, misalnya. Cuplikan tumbuhan jajagoan itu memberi informasi kepada kita, di antara tanaman padi itu terdapat gulma jajagoan. Informasi ini dapat digunakan sebagai petunjuk perlunya sawah itu disiang.

Huruf a, b, c, ... z mempunyai kementakan yang berbeda-beda untuk dipakai. Huruf a kementakannya tinggi untuk dipakai, huruf q kementakannya sangat kecil. Huruf a mengandung informasi lebih kecil daripada q. Hal itu dapat kita lihat dalam teka-teki silang. Apabila kita menemukan huruf a, masih sulit untuk mengisi huruf yang lain. Tetapi jika dalam teka-teki silang kita temukan huruf q, akan jauh lebih mudah untuk mengisi huruf yang lain. Pembuat teka-teki silang dapat membuat teka-tekinya menjadi sulit dengan menghindari sebanyak-banyaknya penggunaan huruf yang mempunyai kementakan penggunaan yang kecil.

Walaupun kandungan informasi suatu simbol atau pesan dapat dihitung secara matematis, namun nilai itu tergantung pada acuan yang kita pakai. Misalnya, sebuah bangunan mesjid. Bangunan itu mengandung informasi yang rendah. Sebab kita tahu bangunan itu merupakan tempat beribadat orang yang beragama Islam. Tetapi jika kita melihatnya di Bali, kandungan informasinya tinggi dalam arti memberikan pengetahuan kepada kita bahwa di Bali pun ada orang yang



Gambar 2.6. Bangunan mesjid di Bali mempunyai kandungan informasi yang tinggi. Daripadanya kita mendapat informasi, di Bali pun ada penduduk yang beragama Islam. Tetapi bangunan mesjid di Jawa Barat mempunyai kandungan informasi rendah. Kita sudah tahu, penduduk Jawa Barat banyak yang beragama Islam. *Foto: Otto Soemarwoto*

beragama Islam (Gambar 2.6). Tetapi jika kita melihatnya di Jawa Barat, kandungan informasinya adalah rendah. Hal ini juga dapat terlihat dari kementakan yang rendah terdapatnya mesjid di Bali dan kementakan yang tinggi di Jawa Barat.

Pada hakekatnya penelitian, misalnya yang dilakukan oleh polisi atau ilmuwan, adalah mengumpulkan informasi. Informasi itu terdiri atas data sepotong-sepotong yang, seperti halnya huruf-huruf harus diatur menjadi kalimat, harus disusun menjadi pengetahuan yang berarti. Data itu tidak pernah lengkap, sehingga kita selalu harus mengadakan perkiraan untuk mengisi kekosongan informasi. Perkiraan itu selalu tidak sempurna, artinya tidak benar 100%. Karena itu pula ilmu pengetahuan selalu berubah dan berkembang

mengalami penyempurnaan.

Hukum ekologi menunjukkan, apabila terdapat tukar-menukar informasi antara dua sistem yang berbeda kandungan informasinya, hasilnya bukanlah pemerataan kandungan informasi, melainkan akan memperbesar perbedaan itu. Sistem yang telah mengandung lebih banyak informasi akan diperkaya dengan tukar-menukar itu. Hal ini berlaku untuk perseorangan maupun masyarakat. Inilah suatu dilema yang selalu kita hadapi dalam percaturan kita dengan negara yang telah maju. Dalam interaksi kita dengan mereka kesenjangan antara mereka dengan kita dalam hal informasi selalu bertambah besar. Artinya mereka makin menjadi pandai dan kita relatif menjadi makin bodoh. Apalagi dengan teknologi komputer kemampuan mereka untuk mengolah informasi makin besar dan makin cepat. Walaupun kita telah banyak juga menggunakan komputer, namun kemampuan kita dalam pemanfaatan komputer masih jauh di bawah kemampuan negara maju.

Suatu sistem, misalnya manusia, selalu berusaha untuk menambah informasi. Barang siapa dapat menguasi informasi, yaitu untuk memilikinya, menggunakannya, dan mengatur arusnyâ, dialah yang berkuasa. Tetapi ironinya suatu sistem selalu menggunakan sebagian informasi yang didapatkannya untuk menutup dirinya terhadap informasi baru. Misalnya, seorang ilmuwan yang makin ulung, makin sulit untuk dapat menerima informasi baru. Pendapatnya makin kaku dan karena itu perkembangan ilmunya makin lamban. Ini adalah sifat umum dan terdapat pada anggota masyarakat umum, ilmuwan maupun pemerintahan. Karena itulah selalu perlu ada peremajaan di kalangan universitas, pemerintahan, maupun swasta.

6. HUKUM TERMODINAMIKA

Hukum termodinamika ialah hukum alam tentang energi. Ada dua hukum yang perlu kita perhatikan, yaitu hukum termodinamika I dan hukum termodinamika II.

Hukum termodinamika I menyatakan, jumlah energi dalam alam semesta adalah konstan. Artinya jumlah energi

itu tidak dapat bertambah atau berkurang. Jadi kita tidak dapat membuat atau memusnahkan energi. Bila di suatu tempat ada jumlah energi yang bertambah, energi itu harus datang dari tempat lain. Di bumi, setiap hari kita mendapatkan energi dari matahari. Di matahari energi itu berasal dari reaksi nuklir.

Hukum termodinamika II menyatakan energi yang ada itu tidak seluruhnya dapat dipakai untuk melakukan kerja. Karena itu waktu kita menggunakan energi untuk melakukan kerja, kita tidak mungkin mencapai efisiensi 100%. Misalnya, kalau kita menggunakan bensin sebanyak 1.000 satuan energi untuk memutar mesin, hasil kerja mesin itu selalu kurang dari 1.000 satuan energi. Bagian energi yang tidak dapat dipakai untuk melakukan kerja disebut *entropi*. Pada proses penggunaan energi yang bersifat tidak terbalikkan, maka entropi alamraya bertambah. Dalam rantai makanan, materi dan energi mengalir dari mahluk yang dimakan ke mahluk yang memakan. Tetapi berbeda dengan materi yang mempunyai aliran berupa daur, arus energi bersifat satu arah. Energi berasal dari matahari masuk ke dalam dunia hidup melalui proses fotosintesis oleh tumbuhan dan keluar lagi ke dunia takhidup sebagai panas.

Antara tingkat entropi dan tingkat keteraturan terdapat hubungan yang erat. Dalam keadaan teratur tingkat entropi rendah dan dalam keadaan takteratur tingkat entropi tinggi. Terdapat kesejajaran antara proses spontan dari keadaan teratur ke keadaan takteratur dan dari tingkat entropi rendah ke entropi tinggi. Dengan demikian mengatur, yang berarti menaikkan tingkat keteraturan, pada hakekatnya adalah usaha menurunkan tingkat entropi.

Hukum termodinamika sangatlah penting dalam kehidupan kita. Karena jumlah energi tetap, kita hanya dapat menambah energi di suatu tempat dengan mengurangi jumlah energi di tempat lain. Hal ini mengisyaratkan bahwa kita harus hemat dengan energi kita. Apabila kita kehabisan energi, kita harus mengimpornya dari luar negeri. Kita dapat mengajukan argumentasi bahwa minyak kita dapat diganti dengan batubara, energi listrik dan Pusat Listrik Tenaga

Air (PLTA), energi nuklir, dan energi matahari. Itu memang benar, tetapi batubara dan PLTA suatu ketika juga akan habis. Sebab semua PLTA mempunyai umur tertentu.

Energi nuklir mempunyai kesulitan akan menjadikan kita tergantung dari luar negeri, karena memerlukan teknologi tinggi dan teknologi itu dijaga dengan ketat. Penjagaan yang ketat itu sebagian didasarkan pada alasan keamanan, yaitu untuk mencegah perluasan kemampuan membuat bom atom. Kesulitan lain ialah bahaya radiasi karena kecelakaan dan pembuangan sampah radioaktif. Dengan kesulitan itu, walaupun kita harus memanfaatkan energi nuklir, namun ia tidak dapat menjadi tulang punggung sumber energi kita dan benar-benar dijadikan alternatif terakhir, yaitu jika tak ada lagi sumber energi yang lain.

Pemanfaatan energi matahari sebagian juga memerlukan teknologi tinggi yang akan membuat kita tergantung dari luar negeri. Sebagian lagi dapat menggunakan teknologi sederhana, misalnya, dengan tumbuhan. Namun ada masalah pelik yang harus dipecahkan. Masalah itu berkaitan dengan kebutuhan lahan yang luas untuk menghasilkan bahan bakar yang berasal dari fotosintesis.

Hukum termodinamika II menyatakan, secara universal entropi akan selalu bertambah. Kita dapat menurunkan entropi di suatu tempat secara lokal, tetapi berbarengan dengan itu akan terjadi kenaikan entropi di tempat lain. Kita dapat juga mengatakan dengan melakukan kerja, keteraturan dapat dinaikkan secara lokal di suatu tempat, tetapi dengan konsekuensi menurunnya keteraturan di tempat lain. Pembuangan limbah dari rumah tangga dan pabrik adalah contoh menurunnya entropi — jadi naiknya keteraturan — di rumah tangga dan pabrik, tetapi meningkatnya entropi — jadi turunnya keteraturan — di sungai dan udara yang menerima limbah tersebut. Alat pendingin AC menurunkan entropi dalam ruangan dan menaikkan entropi di luar ruangan.

Dalam skala yang besar entropi di bumi dapat terjaga pada tingkat rendah dan keteraturan pada tingkat tinggi dengan menggunakan energi matahari melalui proses fotosintesis oleh tumbuhan hijau. Karena itu sering pula dikata-

kan fotosintesis mempunyai efek *negentropi*, yaitu entropi negatif atau pengurangan entropi. Tetapi entropi di matahari juga harus meningkat dan akhirnya matahari akan padam, kira-kira 50 milyar tahun lagi. Sebelum itu, yaitu 5 milyar tahun lagi, matahari akan membengkak. Suhu di bumi akan naik sangat tinggi. Itulah waktu kiamat di bumi. Jadi dalam skala besar pun kita ada di bawah kekuasaan Hukum termodinamika itu.

7 HABITAT DAN RELUNG

Semua mahluk mempunyai tempat hidup. Tempat hidup itu disebut habitat. Misalnya, habitat ikan emas ialah perairan tawar dan habitat ikan hiu ialah perairan asin di laut. Habitat dalam batas tertentu sesuai dengan persyaratan hidup mahluk yang menghuninya. Batas bawah persyaratan hidup itu disebut titik minimum dan batas atas disebut titik maksimum. Antara dua kisaran itu terdapat titik optimum. Ketiga titik itu, yaitu minimum, maksimum dan optimum, disebut titik kardinal. Sebenarnya masing-masing titik kardinal itu merupakan pula kisaran.

Apabila sifat habitat berubah sampai di luar titik minimum atau maksimum, mahluk itu akan mati atau harus pindah ke tempat lain. Apabila perubahannya lambat, misalnya terjadi selama beberapa generasi, mahluk itu umumnya dapat menyesuaikan diri dengan kondisi baru di luar batas semula. Melalui proses adaptasi itu sebenarnya telah terjadi mahluk yang mempunyai sifat yang lain, yang disebut ras baru, bahkan dapat terjadi jenis baru.

Habitat mahluk dapat lebih dari satu. Misalnya, burung pipit. Habitat untuk mencari makanannya ialah di sawah dan habitat untuk bertelur adalah pohon-pohonan di kampung. Ikan salem, yang terkenal di Eropa dan Amerika Utara, waktu dewasa mempunyai habitat di laut. Waktu akan bertelur ikan itu berenang ke sungai sampai ke hulu. Di daerah hulu ikan bertelur. Anak ikan untuk beberapa tahun tinggal di sungai. Kemudian kembali ke laut untuk menjadi dewasa sampai saatnya ikan akan bertelur.

Di dalam habitatnya mahluk mempunyai cara tertentu

untuk hidup. Burung yang hidup di sawah ada yang memakan serangga, ada yang memakan buah padi dan ada pula yang memakan katak dan ikan. Cara hidup itu disebut relung. Relung itu ada yang bersifat umum, ada pula yang bersifat khas. Mahluk yang mempunyai relung yang umum disebut generalis. Mahluk itu makan cacing, serangga, dan buah-buahan, misalnya. Ia disebut pula *polifag,* artinya makan banyak jenis.

Mahluk yang hanya makan sedikit jenis makanan disebut spesialis. Spesialis ada yang *oligofag,* artinya makan sedikit jenis. Ada yang disebut *monofag,* yaitu yang makan satu jenis saja. Wereng misalnya, adalah monofag. Makanannya hanyalah tanaman padi.

Relung dapat diartikan sebagai profesi mahluk dalam habitatnya. Profesi menunjukkan fungsi mahluk itu di dalam habitatnya. Habitat itu dapatlah disebut alamat mahluk. Berjenis mahluk dapat hidup bersama dalam satu habitat. Akan tetapi apabila dua jenis mahluk mempunyai relung yang sama, akan terjadi persaingan. Makin besar tumpang tindih relung kedua jenis mahluk itu, makin intensif persaingannya. Dalam keadaan itu, masing-masing jenis akan mempertinggi efisiensi cara hidup atau profesinya. Masing-masing akan menjadi lebih spesialistis, yaitu relungnya menyempit. Jadi efek persaingan antar-jenis ialah menyempitnya relung jenis yang bersaing, sehingga terjadi spesialisasi.

Apabila populasi suatu jenis menjadi besar, terjadi pula persaingan antar-individu dalam jenis tersebut. Dalam persaingan ini individu yang lemah akan terdesak ke bagian relung yang marjinal. Efek persaingan antar-individu dalam satu jenis ialah melebarnya relung. Jenis itu menjadi lebih generalis.

Makin spesialistis suatu jenis, makin rentan populasinya. Misalnya, wereng yang monofag dan hidup dari tanaman padi, populasinya kecil setelah masa panen dan membesar lagi setelah sawah ditanami dengan padi. Populasi yang kecil setelah panen menanggung risiko kepunahan. Sebaliknya, jenis mahluk yang generalis, populasinya tidak

banyak berfluktuasi. Ia dapat pindah dari jenis makanan yang satu ke makanan yang lain.

Pada manusia kita dapatkan hal yang serupa. Bangsa yang makanan pokoknya hanya beras, hidupnya amat rentan. Apabila produksi beras menurun, misalnya karena iklim yang buruk, kehidupannya mengalami kegoncangan. Hal ini berlaku juga untuk sumber pendapatan. Orang yang hanya hidup dari hasil kebun cengkeh, akan sangat terpukul waktu kebunnya terserang wabah penyakit cacar daun.

8. ADAPTASI

Mahluk hidup dalam batas tertentu mempunyai kelenturan. Kelenturan ini memungkinkan mahluk itu untuk menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Penyesuaian diri itu secara umum disebut adaptasi. Kemampuan adaptasi mempunyai nilai untuk kelangsungan hidup. Makin besar kemampuan adaptasi, makin besar kementakan kelangsungan hidup suatu jenis. Dengan kemampuan adaptasi yang besar, suatu jenis dapat menempati habitat yang beraneka. Manusia adalah contoh jenis mahluk yang mempunyai kemampuan adaptasi yang sangat besar. Hampir semua jenis habitat dihuni oleh manusia. Dari daerah pantai sampai pada pegunungan Andes yang tinggi, dari daerah hutan tropis yang panas dan lembab sampai pada gurun pasir yang panas dan kering, serta daerah arktik yang dingin ber-es, terdapat penghuni manusia. Dengan kemampuan adaptasinya yang sangat besar, populasi manusia terus bertambah dan menduduki habitat baru. Dalam proses ini manusia telah mendesak banyak jenis mahluk hidup yang lain dan menyebabkan banyak jenis punah.

Adaptasi dapat terjadi dengan beberapa cara. Adaptasi dapat melalui proses fisiologi. Misalnya, orang yang hidup di daerah yang tercemar oleh limbah domestik, dalam tubuhnya berkembang kekebalan terhadap infeksi muntah berak. Mereka mandi dan berkumur dengan air yang tercemar dan bahkan minum air yang tercemar. Tetapi mereka tidak menjadi sakit. Kekebalan itu tidaklah bersifat mutlak, sehingga ada juga yang menjadi sakit. Orang Indian yang

hidup di pegunungan Andes yang tinggi, telah teradaptasi pada kadar oksigen dalam udara yang rendah. Mereka dapat bekerja berat di bawah kondisi kadar oksigen yang rendah, sedangkan orang dari dataran rendah akan terengah-engah kekurangan oksigen dan dapat jatuh pingsan. Di pedesaan orang yang miskin mengadaptasikan diri terhadap tingkat makanan yang rendah. Tubuhnya kecil, sehingga tidak perlu banyak energi untuk mendukung dan memelihara tubuhnya. Efisiensi kerjanya tinggi, bila dihitung berdasar nisbah energi dalam makanan terhadap hasil kerjanya.

Adaptasi morfologi, yaitu bentuk tubuh, dapat juga terjadi. Misalnya, orang Eskimo yang hidup di daerah arktik yang dingin mempunyai bentuk tubuh yang pendek dan kekar. Bentuk yang demikian mempunyai nisbah luas permukaan tubuh terhadap volume tubuh yang kecil. Dengan nilai nisbah yang kecil itu, panas badan yang hilang dari tubuh dapat dikurangi. Sebaliknya orang suku Masai yang hidup di daerah yang panas di Afrika mempunyai tubuh yang tinggi langsing. Nisbah luas permukaan tubuh terhadap volume tubuh besar. Panas badan dapat dengan mudah dilepaskan dari tubuh.

Kelakuan dapat juga bersifat adaptif. Orang belajar tentang bahaya dan dengan kelakuannya ia menghindari bahaya. Adaptasi kelakuan terjadi di mana-mana. Di kota, di desa dan pada orang primitif yang hidup di hutan. Misalnya, untuk menghindarkan diri terhadap bahaya kelaparan orang mengadaptasikan diri terhadap persediaan makanan. Waktu musim panen padi, mereka makan beras. Dengan menyusutnya persediaan beras dalam musim paceklik, mereka makan singkong. Lebih luas lagi adaptasi ini berupa pranata sosial-budaya. Adaptasi demikian disebut adaptasi kultural. Misalnya, antara saudara sekandung dan antara orang tua dan anak tidak boleh ada perkawinan. Ditinjau dari segi ekologi, perkawinan demikian mempunyai kementakan tinggi akan menghasilkan keturunan yang lemah atau cacad. Keturunan yang lemah mengurangi kemampuan untuk menjaga kelangsungan hidup jenis. Pada suku yang hidup dalam kelompok

yang kecil-kecil dan terpencar jauh, misalnya beberapa suku Eskimo, lain lagi pranatanya. Masalah perkawinan antara anggota keluarga yang sangat dekat diatasi dengan membolehkan seorang tamu laki-laki untuk menggauli seorang anak wanita tuan rumah. Dengan demikian gen baru masuk ke dalam masyarakat yang kecil itu dan kelangsungan hidupnya dapat lebih terjamin. Menurut ukuran kita, pranata itu tentulah tak dapat diterima.

Adaptasi kultural terjadi juga dengan penggunaan teknologi. Bentuk rumah suku Dani yang hidup di lembah Balim di kabupaten Jayawijaya, Irian Jaya, yang terletak pada ketinggian 1500 m di atas permukaan laut, dan baju tebal serta bentuk rumah yang khusus pada orang Eskimo merupakan adaptasi kultural. Tanpa itu mereka tidak akan dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya. Alat AC merupakan pula contoh adaptasi kultural dengan teknologi.

Hewan, tumbuhan dan jasad renik juga mempunyai kemampuan adaptasi. Misalnya, padi gogo teradaptasi pada lahan kering dan padi sawah pada lahan yang tergenang. Adaptasi pada hewan, tumbuhan dan jasad renik dapat terjadi juga dengan proses fisiologi, morfologi dan kelakuan.

Hewan, tumbuhan dan jasad renik dapat juga membentuk zat dalam tubuhnya yang membuat mereka kebal terhadap serangan hama dan penyakit. Pada tumbuhan ketahanan terhadap kekeringan dapat terjadi secara morfologi dengan perakaran yang dalam, perakaran yang luas, lapisan lilin atau rambut di permukaan tubuh dan luas permukaan tubuh yang kecil.

"Pranata" sosial terdapat juga pada hewan. Misalnya, pejantan yang terkuat menjadi pemimpin kelompok. Pejantan dewasa lainnya diusir dari kelompok. Dengan demikian kementakan dipertinggi untuk terjadinya keturunan yang kuat dan dengan ini kelangsungan hidup kelompok dapat lebih terjamin. Teritorialitas, yaitu penguasaan daerah, merupakan suatu adaptasi kelakuan. Teritorialitas memperbesar kementakan kelangsungan hidup, karena lebih terjaminnya persediaan makanan atau dan untuk memperbanyak

diri. Pada banyak hewan teritorialitas dinyatakan dengan zat yang berbau, misalnya air kencing. Pada burung dinyatakan dengan suara kicauan. Jadi, burung berkicau bukan untuk menyenangkan manusia, melainkan untuk menyatakan teritorialnya.

Adaptasi dapat berlangsung untuk waktu yang pendek maupun panjang. Misalnya, kekebalan terhadap penyakit dapat berlangsung untuk beberapa bulan saja ataupun untuk waktu yang lama, bahkan dapat untuk sepanjang umur. Kekebalan terhadap kolera hanyalah pendek dan terhadap cacar panjang. Adaptasi untuk jangka waktu yang panjang, menjadi sifat yang dianggap normal. Misalnya, padi gogo dianggap normal untuk tumbuh di lahan kering. Orang desa yang miskin dianggap normal untuk makan beras waktu musim panen dan makan singkong waktu musim paceklik.

Lingkungan selalu berubah. Kadang-kadang perubahan terjadi dengan cepat, kadang-kadang dengan lambat. Perubahan besar yang terjadi dengan cepat mudah terlihat dan orang berusaha mengadaptasikan dirinya terhadap perubahan itu. Tetapi tidak selalu adaptasi itu berhasil. Perubahan yang terjadi sedikit demi sedikit secara pelan-pelan sukar untuk terlihat. Adaptasi kultural lalu tidak terjadi. Dapat juga orang enggan melakukan adaptasi. Adaptasi yang tidak berhasil, menghasilkan sifat yang tidak sesuai dengan lingkungan. Demikian pula tidak adanya adaptasi meninggalkan sifat yang tidak sesuai lagi. Sifat yang tidak sesuai itu disebut *maladaptasi.* Maladaptasi mengurangi kementakan untuk kelangsungan hidup.

Kita harus selalu berusaha untuk menghindari maladaptasi. Kemampuan untuk mengadaptasikan diri harus selalu dijaga. Kita harus dapat belajar dari gangguan, sehingga kita dapatkan informasi dari gangguan itu. Informasi itu kita gunakan untuk adaptasi. Sistem yang dapat mengubah gangguan menjadi informasi dan menggunakan informasi itu untuk adaptasi disebut sistem yang berdayalenting.

9. EVOLUSI

Berkaitan erat dengan adaptasi ialah evolusi. Evolusi ialah perubahan sifat jenis secara pelan-pelan. Perubahan itu bersifat terarah dan sifat yang berubah itu dapat diturunkan. Evolusi menghasilkan jenis baru. Evolusi sifatnya takterbalikkan. Menurut teori Darwin mekanisme utama dalam evolusi ialah seleksi alamiah. Dalam ekosistem yang ada manusianya, seleksi terjadi juga oleh tindakan manusia.

Individu dalam populasi suatu jenis mempunyai sifat yang berbeda-beda. Individu itu hanyalah sama secara rata-rata saja. Perhatikan segenggam biji kedele. Biji dapat digolongkan dalam golongan kecil sekali, kecil, sedang, besar dan besar sekali. Jumlah biji yang kecil sekali dan besar sekali jumlahnya sedikit. Biji yang sedang, jumlahnya paling banyak. Demikian pula dalam suatu populasi nyamuk malaria, ada indívidu yang sangat peka terhadap racun DDT, ada yang kepekaannya sedang dan ada yang tahan terhadap DDT. Yang sangat peka dan tahan terhadap DDT jumlahnya sedikit. Yang kepekaannya sedang jumlahnya banyak. Jika populasi itu disemprot dengan DDT dengan dosis rendah, hanya sedikit nyamuk yang mati. Jika dosis dinaikkan, makin banyak yang mati. Dengan dosis DDT yang tinggi, individu yang tahan terhadap DDT tidak mati. Jumlahnya hanyalah sedikit. Tetapi nyamuk ini berkembang biak dan melahirkan keturunan yang tahan terhadap DDT. Terjadilah populasi baru nyamuk yang tahan terhadap DDT.

Contoh lain ialah hama wereng. Padi varietas unggul tahan wereng (VUTW) dikembangkan. Untuk beberapa waktu varietas itu selamat dari serangan wereng. Tetapi dalam populasi wereng itu terdapat sejumlah kecil individu yang dapat menyerang VUTW. Sementara sebagian besar individu wereng mati, karena tidak dapat makanan, beberapa individu itu berkembang biak. Setelah beberapa waktu populasi wereng yang dapat menyerang VUTW itu cukup besar untuk menyebabkan kerugian besar pada tanaman padi. Biotipe baru wereng yang dapat menyerang VUTW, telah lahir. Ketahanan terhadap wereng telah ambruk.

Dengan ambruknya ketahanan terhadap wereng, para ahli bertindak. Diseleksilah VUTW baru yang tahan terhadap biotipe wereng baru. Dengan demikian terjadi evolusi bersama antara wereng dan padi. Evolusi bersama ini disebut *koevolusi.*

Dalam contoh nyamuk malaria, DDT telah bekerja sebagai faktor seleksi. Dalam contoh wereng, VUTW-lah faktor seleksi hama werengnya, dan manusia merupakan faktor seleksi VUTW. Individu yang mempunyai sifat yang menguntungkan mempunyai kesempatan untuk berkembang biak. Perkembangbiakan VUTW terjadi dengan bantuan manusia, sedang perkembangbiakan nyamuk dan hama wereng terjadi secara alamiah.

Di dalam alam terjadi hal yang serupa. Tetapi faktor seleksinya adalah alam. Individu dalam populasi yang mempunyai sifat yang paling sesuai dengan kondisi lingkungan, mempunyai kesempatan terbaik untuk berkembang biak. Yang lain tersingkirkan. Individu yang kuat pun tidak dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya, apabila sifatnya tidak sesuai dengan kondisi lingkungan. Karena itu dalam sejarah bumi banyak hewan yang kuat dan perkasa telah punah, misalnya beberapa jenis dinosaurus. Sebaliknya ada hewan yang lemah lembut dapat bertahan, misalnya cicak.

Kepunahan hewan yang kuat haruslah menjadi pelajaran bagi manusia. Karena kemampuan otaknya, manusia menjadi jenis mahluk yang sangat kuat. Tetapi apabila manusia dengan teknologinya mengubah lingkungan, sehingga lingkungan itu tidak lagi sesuai untuk kehidupannya, manusia juga akan punah. Misalnya, apabila manusia mencemari lingkungannya dengan sinar radioaktif dengan meledakkan beberapa puluh bom nuklir dalam perang dunia yang akan datang. Atau, ia merusak lapisan ozon di stratosfer yang melindunginya dari sinar ultra violet matahari yang mematikan.

Evolusi yang melahirkan berjenis-jenis mahluk di bumi sangatlah menarik untuk dipelajari untuk ilmu pengetahuan, teknologi dan keselamatan manusia. Di dalamnya tersimpan rahasia dan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa.

BAB III
LINGKUNGAN HIDUP

1. ARTI LINGKUNGAN HIDUP

Manusia hidup di bumi tidak sendirian, melainkan bersama mahluk lain, yaitu tumbuhan, hewan dan jasad renik. Mahluk hidup yang lain itu bukanlah sekedar kawan hidup yang hidup bersama secara netral atau pasif terhadap manusia, melainkan hidup manusia itu terkait erat pada mereka. Tanpa mereka manusia tidaklah dapat hidup. Kenyataan ini dengan mudah dapat kita lihat dengan mengandaikan di bumi ini tidak ada tumbuhan dan hewan. Dari manakah kita mendapatkan oksigen dan makanan? Sebaliknya seandainya tidak ada manusia, tumbuhan, hewan dan jasad renik akan dapat melangsungkan kehidupannya, seperti terlihat dari sejarah bumi sebelum ada manusia. Karena itu anggapan bahwa manusia adalah mahluk yang paling berkuasa sebenarnya tidaklah betul. Seyogyanya kita menyadari bahwa kitalah yang membutuhkan mahluk hidup yang lain untuk kelangsungan hidup kita dan bukannya mereka yang membutuhkan kita untuk kelangsungan hidup mereka. Karena itu sepantasnyalah kita bersikap lebih merendahkan diri. Sebab faktor penentu kelangsungan hidup kita tidaklah di dalam tangan kita, sehingga kehidupan kita sebenarnya amat rentan (Gambar 3.1).

Manusia bersama tumbuhan, hewan dan jasad renik menempati suatu ruang tertentu. Kecuali mahluk hidup, dalam ruang itu terdapat juga benda takhidup, seperti misalnya udara yang terdiri atas bermacam gas, air dalam bentuk uap, cair dan padat, tanah dan batu. Ruang yang ditempati suatu mahluk hidup bersama dengan benda hidup dan takhidup



Gambar 3.1. Tumbuhan, hewan, dan jasad renik dapat hidup tanpa manusia. Tetapi manusia tak dapat hidup tanpa tumbuhan, hewan dan jasad renik. Karena itu tumbuhan, hewan dan jasad renik harus kita jaga kelangsungan hidupnya demi kelangsungan hidup kita sendiri.
Foto: Otto Soemarwoto

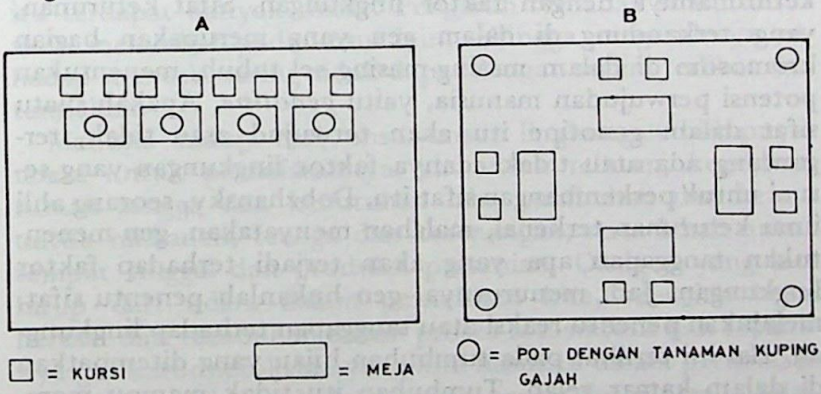
di dalamnya disebut lingkungan hidup mahluk tersebut. Secara khusus kita bicarakan lingkungan hidup manusia, tetapi dapat juga kita berbicara tentang lingkungan hidup harimau, misalnya. Untuk selanjutnya dalam buku ini, yang dimaksud dengan lingkungan hidup adalah lingkungan hidup manusia, kecuali apabila ada keterangan lain.

Ruang lingkup peninjauan tentang lingkungan hidup dapat sempit, misalnya sebuah rumah dengan pekarangannya, atau luas, misalnya Pulau Irian. Lapisan bumi dan udara yang ada mahluknya, dapat juga dianggap sebagai

suatu lingkungan hidup yang besar, yaitu biosfer. Bahkan tatasurya kita atau malahan seluruh alam semesta dapat menjadi obyek tinjauan.

Sifat lingkungan hidup ditentukan oleh bermacam-macam faktor. Pertama, oleh jenis dan jumlah masing-masing jenis unsur lingkungan hidup tersebut. Dengan mudah dapat kita lihat, suatu lingkungan hidup dengan 10 orang manusia, seekor anjing, tiga ekor burung perkutut, sebatang pohon kelapa dan sebuah bukit batu akan berbeda sifatnya dari lingkungan hidup yang sama besarnya tetapi hanya ada seorang manusia, 10 ekor anjing, tertutup rimbun oleh pohon bambu dan rata tidak berbukit batu. Dalam golongan jenis unsur lingkungan hidup termasuk pula zat kimia.

Kedua, hubungan atau interaksi antara unsur dalam lingkungan hidup itu. Misalnya, dalam suatu ruangan terdapat delapan buah kursi, empat buah meja dan empat buah pot dengan tanaman kuping gajah. Dalam ruangan itu delapan kursi diletakkan sepanjang satu dinding, dengan sebuah meja di muka setiap dua kursi dan sebuah pot di atas masing-masing meja. Sifat ruangan berbeda jika dua kursi dengan sebuah meja diletakkan di tengah masing-masing dinding dan sebuah pot di masing-masing sudut.



Gambar 3.2. Dua kamar sebagai lingkungan hidup dengan jenis dan jumlah masing-masing jenis unsur yang sama, tetapi dengan hubungan letak yang berbeda. Ruang A mempunyai sifat yang berbeda dari ruang B.

Hal yang serupa berlaku juga untuk hubungan atau interaksi sosial dalam hal unsur-unsur itu terdiri atas benda hidup yang mobil, yaitu manusia dan hewan. Dengan demikian lingkungan hidup tidak saja menyangkut komponen biofisik, melainkan juga hubungan sosial budaya manusia.

Ketiga, kelakuan atau kondisi unsur lingkungan hidup. Misalnya, suatu kota yang penduduknya aktif dan bekerja keras merupakan lingkungan hidup yang berbeda dari sebuah kota yang serupa, tetapi penduduknya santai dan malas. Demikian pula suatu daerah dengan lahan yang landai dan subur merupakan lingkungan yang berbeda dari daerah dengan lahan yang berlereng dan tererosi.

Keempat, faktor non-materiil suhu, cahaya dan kebisingan. Kita dapat dengan mudah merasakan ini. Suatu lingkungan yang panas, silau dan bising sangatlah berbeda dengan lingkungan yang sejuk, cahaya yang cukup, tapi tidak silau dan tenang.

Manusia berinteraksi dengan lingkungan hidupnya. Ia mempengaruhi dan dipengaruhi oleh lingkungan hidupnya. Ia membentuk dan terbentuk oleh lingkungan hidupnya. Manusia seperti ia adanya, yaitu yang disebut *fenotipe,* adalah perwujudan yang dihasilkan oleh interaksi sifat keturunannya dengan faktor lingkungan. Sifat keturunan, yang terkandung di dalam gen yang merupakan bagian kromosom di dalam masing-masing sel tubuh, menentukan potensi perwujudan manusia, yaitu *genotipe.* Apakah suatu sifat dalam genotipe itu akan terwujud atau tidak, tergantung ada atau tidak adanya faktor lingkungan yang sesuai untuk perkembangan sifat itu. Dobzhansky, seorang ahli ilmu keturunan terkenal, malahan menyatakan, gen menentukan tanggapan apa yang akan terjadi terhadap faktor lingkungan. Jadi menurutnya, gen bukanlah penentu sifat, melainkan penentu reaksi atau tanggapan terhadap lingkungan. Hal ini terlihat pada tumbuhan hijau yang ditempatkan di dalam kamar gelap. Tumbuhan itu tidak mampu membentuk zat hijau daun, walaupun ia mempunyai gen untuk pembentukan zat hijau daun. Setelah ia dikeluarkan dari kamar gelap dan terkena cahaya, terbentuklah zat hijau

daun. Jadi mahluk hidup itu juga terbentuk oleh lingkungannya.

Hubungan antara manusia dengan lingkungan hidupnya adalah sirkuler. Kegiatannya, apakah sekedar bernafas ataupun membendung sungai, sedikit atau banyak akan merubah lingkungannya. Perubahan pada lingkungan itu pada gilirannya akan mempengaruhi manusia. Misalnya, seseorang yang bekerja dalam sebuah ruangan kecil yang tertutup. Dengan pernafasannya ia akan mengurangi kadar gas oksigen (O_2) dalam udara di kamar itu dan menambah kadar gas karbondioksida (CO_2). Pernafasannya juga menghasilkan panas, sehingga suhu dalam ruangan naik. Kenaikan suhu menstimulasi pembentukan keringat, sehingga hawa dalam ruangan itu menjadi tidak sedap. Dengan penurunan kadar gas oksigen, kenaikan kadar gas karbon-dioksida, kenaikan suhu dan bau keringat, menjadi pengaplah ruangan itu. Prestasi kerja orang itu akan menurun. Makin lama menurunlah kualitas lingkungan dalam kamar itu dan sering dengan itu makin menurun pulalah prestasi orang itu.

Interaksi antara manusia dengan lingkungan hidupnya tidaklah sesederhana seperti diuraikan di muka, melainkan kompleks, karena pada umumnya dalam lingkungan hidup itu terdapat banyak unsur. Pengaruh terhadap suatu unsur akan merambat pada unsur lain, sehingga pengaruhnya terhadap manusia sering tidak dapat dengan segera terlihat dan terasakan.

Manusia hidup dari unsur-unsur lingkungan hidupnya: udara untuk pernafasannya, air untuk minum, keperluan rumah tangga dan kebutuhan lain, tumbuhan dan hewan untuk makanan, tenaga dan kesenangan, serta lahan untuk tempat tinggal dan produksi pertanian. Oksigen yang kita hirup dari udara dalam pernafasan kita, sebagian besar berasal dari tumbuhan dalam proses fotosintesis dan sebaliknya gas karbondioksida yang kita hasilkan dalam pernafasan digunakan oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis. Jelaslah manusia adalah bagian integral lingkungan hidupnya. Ia tak dapat terpisahkan daripadanya. Manusia tanpa lingkungan hidupnya adalah suatu abstraksi belaka.

2. MUTU LINGKUNGAN HIDUP

Pengertian tentang mutu lingkungan sangatlah penting, karena ia merupakan dasar dan pedoman untuk mencapai tujuan pengelolaan lingkungan. Perbincangan tentang lingkungan pada dasarnya adalah perbincangan tentang mutu lingkungan. Namun dalam perbincangan itu apa yang dimaksud dengan mutu lingkungan tidaklah jelas, karena tidak diuraikan secara eksplisit. Mutu lingkungan hanyalah dikaitkan dengan masalah lingkungan, misalnya pencemaran, erosi dan banjir. Dengan lain perkataan mutu lingkungan itu diuraikan secara negatif, yaitu apa yang tidak kita kehendaki, seperti misalnya air tercemar. Agar kita dapat mengelola lingkungan dengan baik, kita tidak saja perlu mengetahui apa yang tidak kita kehendaki, melainkan juga apa yang kita kehendaki. Dengan demikian kita dapat mengetahui ke arah mana lingkungan itu ingin kita kembangkan untuk mendapatkan mutu yang kita kehendaki. Eliminasi hal yang tidak kita kehendaki, belum tentu menghasilkan lingkungan dengan mutu yang kita inginkan. Misalnya, bila suatu ruangan dengan dinding yang berwarna merah dianggap sebagai lingkungan yang tidak baik dan warna biru adalah yang baik, eliminasi warna merah tidaklah *à priori* menghasilkan ruangan yang berwarna biru. Untuk mendapatkan mutu yang kita kehendaki itu secara eksplisit haruslah kita nyatakan keinginan kita untuk mendapatkan ruangan dengan dinding biru tersebut.

Tidaklah mudah untuk menentukan apa yang dimaksud dengan mutu lingkungan, oleh karena persepsi orang terhadap mutu lingkungan berbeda-beda. Dengan singkat dapatlah dikatakan mutu lingkungan yang baik membuat orang kerasan hidup dalam lingkungan tersebut. Perasaan kerasan itu disebabkan karena orang mendapat rezeki yang cukup, iklim dan faktor alamiah lainnya yang sesuai dan masyarakat yang cocok pula. Misalnya, orang yang baru pulang dari Amerika Serikat atau Eropa, sering menyatakan mereka senang hidup di sana, tetapi tidak merasa kerasan. Rezeki cukup, sehingga semua kebutuhan sehari-hari dapat terpenuhi dan setiap akhir pekan dapat berekreasi. Tetapi

iklimnya, terutama musim dingin, dirasakannya menggang-gu. Masyarakatnya dianggapnya terlalu berorientasi pada pekerjaan dan kurang ada hubungan sosial yang hangat. Jelaslah perasaan kerasan sangatlah subjektif. Kerasan tidaklah sama dengan senang. Kerasan menunjukkan ia ingin tinggal tetap di tempat tersebut. Kalau ia pergi ke tempat lain timbul keinginan untuk kembali ke tempat tersebut. Misalnya, seorang yang karena pekerjaannya harus pindah ke tempat lain, setelah pensiun ia ingin kembali lagi ke tempat yang ia kerasan itu. Kerasan bukanlah karena satu atau dua faktor saja yang terpenuhi dalam satu lingkungan, melainkan adanya integrasi faktor-faktor secara optimum. Karena itu pengelolaan lingkungan untuk mendapatkan perasaan kerasan, bukanlah suatu maksimisasi satu atau dua faktor, misalnya maksimisasi rezeki, melainkan suatu optimisasi banyak faktor yang saling berkaitan secara terintegrasi. Yang penting bukanlah masing-masing faktor secara tersendiri, melainkan totalitas kondisi. Totalitas kondisi itu adalah lebih dari jumlah masing-masing faktor. Oleh karena itu pengelolaan lingkungan bersifat *holistik*, yaitu memandang keseluruhannya sebagai suatu kesatuan.

Pengelolaan lingkungan untuk mendapatkan kondisi optimum, didasarkan pada pertimbangan untung rugi. Orang bersedia untuk mengurangi atau mengorbankan suatu keuntungan untuk mendapatkan keuntungan lain atau mengurangi suatu kerugian. Dengan demikian pada hakekatnya orang menganalisis manfaat dan risiko lingkungan agar kebutuhan hidupnya dapat terpenuhi secara optimum.

Rezeki, udara yang segar dan kontak sosial merupakan kebutuhan hidup manusia. Tidak semua kebutuhan hidup bersifat esensial, melainkan ada yang bersifat hanya sekedar tambahan agar dapat menikmati hidup dengan lebih baik. Kebutuhan hidup yang esensial disebut kebutuhan hidup dasar. Kebutuhan itu mutlak diperlukan untuk dapat hidup dengan sehat, aman dan manusiawi. Persepsi orang tentang kebutuhan dasar berbeda-beda, karena dipengaruhi pula oleh faktor sosial budaya, ekonomi dan waktu, serta pertimbangan kebutuhan jangka pendek dan jangka pan-

jang. Dalam hidupnya orang selalu berusaha untuk pertama-tama memenuhi kebutuhan dasarnya, apapun yang diartikannya pada keadaan dan waktu itu. Mutu hidupnya sangatlah tergantung pada pemenuhan kebutuhan dasarnya. Makin baik kebutuhan dasar itu dipenuhi, makin baik pula mutu hidupnya. Mutu hidupnya itu sering dapat dipertinggi lagi, apabila kebutuhan hidup yang tidak esensial dapat pula dipenuhi. Akan tetapi apabila kebutuhan dasar tidak dapat dipenuhi, pemenuhan kebutuhan yang tidak esensial tidaklah banyak artinya.

Berdasarkan uraian di atas mutu lingkungan dapatlah diartikan sebagai kondisi lingkungan dalam hubungannya dengan mutu hidup. Makin tinggi derajat mutu hidup dalam suatu lingkungan tertentu, makin tinggi pula derajat mutu lingkungan tersebut dan sebaliknya. Karena mutu hidup tergantung dari derajat pemenuhan kebutuhan dasar, mutu lingkungan dapatlah diartikan sebagai derajat pemenuhan kebutuhan dasar dalam kondisi lingkungan tersebut. Makin tinggi derajat pemenuhan kebutuhan dasar itu, makin tinggi pula mutu lingkungan dan sebaliknya.

3. LINGKUNGAN HIDUP SEBAGAI SUMBERDAYA

Dengan mengaitkan mutu lingkungan dengan derajat pemenuhan kebutuhan dasar, berarti lingkungan itu merupakan sumberdaya. Dari lingkungan itu kita mendapatkan unsur-unsur yang kita perlukan untuk produksi dan konsumsi. Sebagian dari sumberdaya itu dimiliki oleh perorangan dan badan tertentu, misalnya lahan dan sepetak hutan. Sebagian lagi sumberdaya itu merupakan milik umum, misalnya udara, sungai, pantai, laut dan ikan laut. Udara misalnya, kita perlukan untuk menjalankan mesin kita, karena dalam udara itu terdapat gas oksigen. Apabila tidak ada udara, mesin pun tak dapat berjalan.

Air adalah faktor lain yang kita perlukan untuk berproduksi. Pertanian, perikanan dan peternakan, misalnya, tak mungkin ada tanpa air. Pabrik juga memerlukan air untuk memproses bahan baku menjadi bahan jadi, untuk mendinginkan mesin dan untuk mengangkut bahan sisa.

Udara dan air, kecuali sebagai faktor produksi, merupakan juga unsur lingkungan yang kita konsumsi, yaitu udara untuk pernafasan kita dan air untuk kita minum dan keperluan rumah tangga lainnya.

Sumberdaya milik umum mempunyai sifat-sifat yang berbeda dari modal yang biasa kita kenal dalam perusahaan yang dimiliki secara pribadi atau badan tertentu. Karena milik umum, orang dapat menggunakannya tanpa pungutan bayaran atau hanya dengan pungutan ringan. Misalnya, orang dapat menghirup udara untuk pernafasan atau menggunakan udara untuk membakar bahan bakar mesin dan mengangkut limbah tanpa bayaran. Kita dapat juga dengan bebas membuat sumur dan menggunakan airnya untuk keperluan rumah tangga, menggunakan sungai dan laut untuk pelayaran dan menangkap ikan di sungai dan laut, serta menikmati hawa segar dan pemandangan indah daerah pegunungan (Gambar 3.3).

Apabila ikan laut dieksploatasi, laut itu mempunyai daya regenerasi. Demikian pula apabila limbah dibuang ke sungai atau laut, sungai dan laut mempunyai daya untuk mengasimilasi limbah itu dan membuatnya menjadi tidak mengganggu atau beracun. Sumberdaya demikian itu disebut sumberdaya terperbaharui.

Akan tetapi sumberdaya mempunyai daya regenerasi dan asimilasi yang terbatas. Selama eksploatasi atau permintaan pelayanan ada di bawah batas daya regenerasi atau asimilasi, sumberdaya terperbarui itu dapat digunakan secara lestari. Akan tetapi apabila batas itu dilampaui, sumberdaya itu akan mengalami kerusakan dan fungsi sumberdaya itu sebagai faktor produksi dan konsumsi atau sarana pelayanan akan mengalami gangguan.

Sumberdaya lingkungan milik umum sering dapat digunakan untuk bermacam peruntukan secara simultan, tanpa suatu peruntukan mengurangi manfaat yang dapat diambil dari peruntukan lain sumberdaya yang sama itu. Misalnya, air sungai dapat digunakan sekaligus untuk melakukan proses produksi dalam pabrik, mengangkut limbah, pelayaran sungai, produksi ikan dan keperluan rumah tangga.



Gambar 3.3. Sumberdaya milik umum cenderung untuk digunakan secara maksimal dan tidak rasional, seperti terlihat pada pemanfaatan karang. Cara ini merusak sumberdaya itu sendiri dan lingkungan hidup. *Foto: Otto Soemarwoto*

Jadi peruntukan itu bersifat non-eksklusif. Akan tetapi apabila pemanfaatan untuk suatu peruntukan melampaui batas daya regenerasi atau asimilasi sumberdaya, peruntukan itu sendiri atau yang lain akan menderita. Misalnya, pembuangan limbah yang melampaui batas daya asimilasi sungai, akan mengganggu atau bahkan merusak sama sekali peruntukan air untuk proses produksi pabrik, produksi ikan dan keperluan rumah tangga.

Karena pemanfaatan sumberdaya lingkungan milik umum dapat dilakukan tanpa atau hanya dengan pungutan bayaran yang ringan saja, unit produksi maupun unit konsumsi cenderung memaksimumkan pemanfaatannya, sehingga mudah terjadi pemanfaatan yang tidak rasional. Misalnya, orang menangkap ikan dengan racun hama atau dengan bahan peledak dengan maksud untuk mendapat hasil yang besar de-

ngan mudah dalam waktu yang singkat. Tetapi dengan cara ini, ikan yang kecil-kecil dan jenis mahluk hidup lain yang sebenarnya tidak ingin ditangkap dan dimanfaatkan ikut mati. Habitat ikan itupun mengalami kerusakan. Teknologi modern dapat juga menyebabkan pemanfaatan yang tidak rasional. Misalnya, pukat harimau dalam perikanan menyebabkan penangkapan ikan yang berlebih. Stok ikan lalu terus-menerus menurun, karena tak mampu lagi untuk meregenerasi diri dari eksploatasi yang berlebih itu. Hal ini telah terjadi di Indonesia. Juga di Teluk Siam dan di pantai barat Amerika Latin.

Pembuangan limbah ke udara dan perairan juga terus bertambah. Di banyak tempat telah nampak gejala-gejala bahwa daya udara dan air untuk mengasimilasi limbah itu telah dilampaui dan menghadapkan kita pada masalah pencemaran. Dengan adanya pencemaran itu peruntukan udara untuk pernafasan dan peruntukan air untuk rumah tangga telah terganggu.

Kecuali dorongan untuk memaksimumkan keuntungan dari pemanfaatan sumberdaya milik umum itu, masing-masing unit produksi dan konsumsi tidak atau sedikit merasa bertanggung-jawab atas pemeliharaan sumberdaya itu. Ketidakadaan atau sedikit adanya perasaan tanggungjawab itu mengakibatkan pula pemanfaatan sumberdaya yang tidak rasional.

Untuk menghindari penggunaan yang tidak rasional itu diperlukan campur-tangan Pemerintah dalam pengelolaan sumberdaya itu. Dasar hukum ini terdapat dalam Undang-Undang Dasar 1945, pasal 33, ayat 3, yang mewajibkan agar bumi, air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat. Walaupun udara tidak disebutkan secara eksplisit dalam ayat ini, udara haruslah kita anggap tercakup di dalamnya. Pemanfaatan sumberdaya lingkungan milik umum secara rasional dan pemeliharaan keutuhan sumberdaya itu agar dapat dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat harus didorong. Untuk ini perlu dikembangkan sistem pajak dan pungutan

lain, serta sistem insentif dan disinsentif. Misalnya, suatu perusahaan yang mengolah limbahnya menjadi industri sampingan mendapat keringanan pajak. Dengan demikian industri itu akan mendapat insentif untuk melakukan penelitian untuk mengolah limbahnya menjadi produk lain yang dapat dijual dengan keuntungan. Dengan ini industri itu akan dapat mendapatkan keuntungan ganda, yaitu dari hasil sampingannya itu dan dari keringanan pajak. Masyarakat mendapat keuntungan, karena air dan udara yang dipakai oleh industri untuk penampungan bahan limbah dapat terpelihara kebersihannya. Masyarakat mendapat juga barang yang ia perlukan dengan harga yang boleh jadi murah, karena merupakan produk sampingan saja.

Sebagian faktor lingkungan yang dimiliki umum merupakan hasil buatan manusia, misalnya jalan. Di sini pun kita dapatkan hal yang sama, yaitu kecenderungan masing-masing unit produksi dan konsumsi untuk memanfaatkannya semaksimal mungkin sehingga terjadi penggunaan yang tidak rasional. Hal ini terlihat dengan jelas pada jalan. Keinginan untuk memaksimumkan pemanfaatan jalan oleh masing-masing unit, menyebabkan kepadatan lalu lintas yang tinggi dengan akibat naiknya frekuensi kecelakaan dan kemacetan lalu lintas. Karena itu biaya sosialnya sangat tinggi: kematian, biaya pengobatan, pemborosan waktu dan bahan bakar, serta pencemaran udara dan kebisingan. Dapatlah diperkirakan maksimisasi penggunaan jalan itu telah melampaui titik optimum. Karena itu Pemerintah perlu pula melakukan tindakan untuk penggunaan yang rasional sumberdaya lingkungan milik umum hasil buatan manusia, seperti halnya yang bersifat alamiah.

4. KEBUTUHAN DASAR

Kebutuhan dasar dapat dibagi secara hirarkis berturut-turut dari atas ke bawah dalam tiga golongan, yaitu *i)* kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup hayati, *ii)* kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup manusiawi dan *iii)* kebutuhan dasar untuk memilih.

Kelangsungan hidup yang manusiawi dan derajat kebe-

basan memilih hanyalah mungkin, apabila kelangsungan hidup hayati terpenuhi dan terjamin. Maka itu kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup hayati adalah yang paling pokok dan mempunyai bobot yang paling tinggi di antara ketiga golongan kebutuhan dasar. Pada waktu kebutuhan dasar golongan pertama ini telah terpenuhi dengan baik, orang sering tidak merasakan adanya kebutuhan dasar golongan ini. Akan tetapi jika karena sesuatu hal satu kebutuhan dasar golongan pertama ini tidak terpenuhi, orang akan berusaha untuk mendapatkannya, bahkan sampai-sampai bersedia untuk mengorbankan kebutuhan dasar yang lain. Misalnya, orang yang tersesat di padang alang-alang yang luas dan kehabisan air, akan bersedia untuk memberikan pakaiannya, rumahnya dan apa saja kepada orang yang dapat memberikan air kepadanya.

Batas antara kebutuhan dasar golongan pertama dan kedua tidaklah jelas, melainkan merupakan suatu daerah peralihan. Dalam daerah peralihan ini kebutuhan dasar dapatlah dikategorikan baik sebagai kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup hayati, maupun sebagai kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup yang manusiawi.

4.1. Kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup hayati

Mahluk hidup selalu berusaha untuk menjaga kelangsungan hidupnya, tidak saja secara individu, melainkan juga sebagai jenis. Kelangsungan hidup sebagai jenis bahkan mempunyai bobot yang lebih tinggi dari kelangsungan hidup individual, sehingga kita jumpai kelakuan *altruisme,* yaitu pengorbanan diri untuk mempertahankan kelangsungan hidup jenis.

Pada manusia, altruisme ini dapat terlihat antara lain dalam peperangan. Misalnya, para pejuang kita dalam perang kemerdekaan melawan Belanda telah membentuk pasukan berani mati. Mereka bersedia untuk mengorbankan diri demi keselamatan pasukan lain atau rakyat. Para penerbang Jepang *kamikaze* telah mengorbankan jiwanya untuk keselamatan negara dan kaisarnya. Banyak negara mempunyai tradisi untuk menawarkan kepada anggauta tentaranya untuk secara sukarela melakukan suatu pekerjaan perang

yang sangat berbahaya yang mungkin sekali akan menyebabkan kematian.

Untuk dapat mempertahankan kelangsungan hidup secara hayati, manusia haruslah mendapatkan air, udara dan pangan dalam kuantitas dan mutu tertentu. Kebutuhan dasar ini bersifat mutlak. Kecuali itu ia harus terlindung dari serangan organisme yang berbahaya, yaitu hewan buas, patogen, parasit dan vektor penyakit. Juga harus dapat mempunyai keturunan untuk menjaga kelangsungan hidup jenisnya.

Tubuh manusia sebagian besar terdiri atas air. Reaksi kimia dalam tubuh manusia, yang disebut metabolisme, terjadi dalam medium air dan molekul air ikut serta dalam banyak reaksi kimia itu. Air juga merupakan alat untuk membuang sisa reaksi kimia dari tubuh, yaitu sebagai air seni. Air berperan penting dalam menjaga suhu tubuh. Apabila manusia kekurangan air, tubuh mengalami dehidrasi, metabolisme menjadi kacau dan suhu tubuh tidak dapat diatur. Kekurangan air yang parah akan menyebabkan kematian. Kuantitas air yang diperlukan menurut umur dan kondisi lain telah ditentukan oleh para ahli. Manusia membutuhkan air tidak saja untuk memenuhi kebutuhan tubuhnya, melainkan juga untuk proses produksi pangan dan lain-lainnya, antara lain pertanian, perikanan dan industri.

Kebutuhan akan air tidak saja menyangkut kuantitasnya, melainkan juga mutunya. Baik kuantitas maupun mutu itu berkaitan dengan peruntukan. Misalnya, persyaratan air untuk keperluan rumah tangga berbeda dari persyaratan air untuk pengairan. Pentingnya mutu air dapat terlihat dari contoh orang yang terapung-apung di tengah lautan dan tidak mempunyai persediaan air tawar. Ia menderita kekurangan air di tengah air yang melimpah.

Udara mengandung oksigen yang diperlukan manusia untuk pernafasan. Tanpa oksigen orang tidak dapat hidup. Kecuali dalam keadaan tertentu udara dan oksigen yang terkandung di dalamnya tersedia dalam jumlah yang cukup. Karena itu pada umumnya kebutuhan dasar udara tidaklah

menjadi masalah. Perkecualian adalah, misalnya, di pegunungan yang tinggi seperti di puncak Himalaya. Masalah ini hanyalah menyangkut beberapa olahragawan pendaki gunung saja, yang untuk mengatasi masalah itu membawa tabung oksigen. Demikian pula di pesawat yang terbang tinggi, ada usaha khusus untuk menjaga agar tekanan udara dan kadar oksigen dalam ruangan pesawat memenuhi kebutuhan hidup para penumpang dan awak pesawat.

Masalah yang makin serius ialah telah tercampurnya udara dengan gas dan partikel padat yang berasal dari pembakaran mesin. Gas dan partikel padat itu ada yang bersifat racun, sehingga mengganggu kesehatan. Karena itu, masalah mutu udara, yaitu tercemarnya udara oleh gas dan partikel padat yang beracun, kini merupakan masalah yang sering terjadi di dalam pabrik, kota besar dan daerah industri. Pencemaran itu mengurangi terpenuhinya kebutuhan dasar akan udara. Bahkan telah ada laporan orang yang meninggal dalam kendaraan minibus, mungkin karena keracunan gas CO.

Pangan adalah kebutuhan dasar lain yang bersifat mutlak. Pangan berfungsi sebagai penyusun tubuh, sumber energi dan pengatur metabolisme. Karena itu di samping kuantitas pangan, mutu pun penting. Mutu ditentukan oleh susunan berbagai unsur dalam bahan makanan, seperti karbohidrat, lemak, protein, mineral dan vitamin.

Sejak jaman purba, manusia selalu berusaha untuk melindungi dirinya terhadap hewan buas. Ia mencari perlindungan di dalam gua dan membuat senjata. Api mungkin adalah senjata pertama yang ia pakai untuk melindungi diri dari hewan. Kemudian ia membuat pula senjata dari tulang hewan dan batu. Obat-obatan ia temukan pula untuk melindungi diri terhadap penyakit. Mula-mula dengan obat-obatan yang ia dapatkan secara alamiah dari tumbuhan, hewan dan jamur. Dengan makin maju kebudayaannya, senjata dan obat-obatan yang ia gunakan makin sempurna pula. Pada waktu ini serangan hewan buas umumnya tidak lagi merupakan bahaya besar. Serangan oleh patogen, parasit dan vektor penyakit banyak juga yang sudah dapat diatasi

atau ditekan sampai tingkat yang rendah berkat obat-obatan mutakhir. Misalnya, penyakit cacar sudah terberantas, pes hanya terdapat di daerah yang kecil, penyakit pernapasan tidak lagi merupakan penyakit yang fatal dan malaria sudah tidak lagi merupakan bahaya besar di sebagian tanah air kita. Dilihat dari segi ini mutu lingkungan hidup kita menunjukkan kecenderungan untuk terus meningkat, walaupun belum sampai pada tingkat yang tinggi yang kita inginkan.

Walaupun bahaya terhadap serangan hewan dan penyakit menurun, tetapi ironinya ancaman serangan dari sesama manusia justru meningkat dalam bentuk peperangan dan kejahatan. Dengan senjata modern, terutama nuklir, peperangan dapatlah mengancam kelangsungan hidup manusia.

Mempunyai keturunan merupakan hal yang sangat esensial untuk menjaga kelangsungan jenis. Karena itu mempunyai keturunan merupakan kebutuhan dasar yang sangat hakiki. Namun, seperti halnya kebutuhan yang lain, kebutuhan ini pun harus diatur.

Dalam lingkungan yang bermutu baik, haruslah terdapat pelayanan yang efektif agar kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup secara hayati itu dapat terpenuhi dengan baik secara merata. Pelayanan itu terdiri atas, antara lain, usaha menjaga keselamatan jiwa, termasuk dari ancaman perang dan perlindungan terhadap kejahatan, pelayanan air minum yang bersih, kesehatan dan sanitasi, serta jaminan sosial kepada yang memerlukan untuk dapat mendapatkan kebutuhan dasar tersebut.

4.2. Kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup yang manusiawi

Berbeda dengan mahluk hidup yang lain, manusia tidak cukup sekedar hidup secara hayati, melainkan karena kebudayaannya ia harus hidup secara manusiawi. Misalnya, pangan tidak cukup sekedar memenuhi kebutuhan tubuh, melainkan harus disajikan dalam rasa, warna dan bentuk yang menarik. Sebenarnya manusia dapat hidup dengan tumbuhan dan daging yang mentah, tetapi itu tidaklah

manusiawi. Di dalam kondisi iklim di Indonesia, manusia juga dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya tanpa pakaian dan rumah, tetapi itupun tidak manusiawi. Jadi jelaslah sifat hidup yang manusiawi itu merupakan juga unsur penting dalam mutu lingkungan.

Kebutuhan dasar untuk hidup yang manusiawi sebagian bersifat materiil, sebagian lagi non-materiil. Yang akhir ini berkembang sangat kuat dan menonjol pada manusia dan membuatnya berbeda dari hewan. Sangat awal dalam perkembangan kebudayaannya, manusia mengembangkan pranata yang mengatur kehidupan sosial kelompok manusia. Pada hewan sebenarnya ada juga pranata demikian itu. Tetapi pada manusia pengaturan itu berkembang jauh lebih maju dan lebih tinggi, karena masyarakat manusia yang lebih kompleks dari masyarakat hewan dan karena kemampuan otak manusia yang lebih besar dari kemampuan otak hewan. Apabila di dalam alam hukum rimba berdiri di atas kekuatan, yaitu yang kuatlah yang menang, di dalam masyarakat manusia yang beradab hukum berdiri di atas keadilan. Oleh karena itu perlindungan hukum yang adil merupakan kebutuhan dasar yang membuat manusia dapat hidup secara manusiawi.

Perkembangan hukum dimungkinkan oleh kemampuan manusia untuk berfilsafat tentang hakekat dan martabat dirinya sebagai pribadi dan dalam hubungannya dengan manusia lain, alam dan Tuhan Penciptanya yang tercermin di dalam ajaran agama. Filsafat itu juga menciptakan ilmu, seni dan budaya. Dengan demikian kesempatan untuk beragama menurut kepercayaannya masing-masing, berfilsafat, berilmu, berseni dan berbudaya merupakan kebutuhan dasar untuk hidup yang manusiawi. Tanpa kesempatan itu kehidupan tak banyak berbeda dari kehidupan hewani.

Kebutuhan dasar berikutnya ialah pendidikan. Pendidikan tidak saja mengajarkan cara-cara untuk mendapatkan kebutuhan dasar hayati, suatu hal yang diajarkan juga oleh induk hewan kepada anaknya, melainkan juga tentang agama, filsafat, ilmu, seni dan budaya. Karena itu ciri khas dalam pendidikan yang membedakan manusiawi dari he-

wani, bukanlah pendidikan teknologi, melainkan justru pendidikan untuk beragama, berfilsafat, berilmu, berseni dan berbudaya. Pendidikan teknologi sangatlah penting. Pendidikan itu harus disertai oleh pendidikan yang lain seperti tersebut di atas. Apabila tidak, sebenarnya manusia secara kualitatif tidak akan berbeda dari hewan, melainkan hanya berbeda kuantitatif saja, seperti perbedaan kuantitatif dalam kepandaian antara, misalnya, ikan lumba-lumba dan tikus. Hal ini perlulah kita camkan dalam usaha kita untuk mengejar ketinggalan kita dalam teknologi dari bangsa Eropa dan Amerika.

Kebutuhan dasar yang membuat kehidupan menjadi manusiawi adalah juga pakaian, rumah dan energi. Sudah sangat awal dalam perkembangan kebudayaan manusia, manusia telah menggunakan pakaian, rumah dan api, walaupun semula hanyalah secara primitif saja. Pada waktu itu pakaian hanyalah sekedar untuk menutupi bagian tubuh yang perlu saja dan rumah hanya berbentuk gua. Walaupun ada hewan yang membuat rumah, misalnya lebah dan rayap, tetapi tak ada hewan yang berpakaian dan menggunakan energi untuk memasak.

Sebagai kebutuhan dasar terakhir dapatlah disebutkan lapangan pekerjaan. Dalam dunia hewan yang hidup berkelompok terdapat juga pembagian pekerjaan, sehingga masing-masing anggota kelompok itu mempunyai lapangan pekerjaan tertentu. Akan tetapi dalam dunia hewan, lapangan pekerjaan itu hanyalah semata-mata merupakan sumber kehidupan untuk mendapatkan sebagian dari hasil pekerjaan bersama yang dapat melangsungkan kehidupan hayatinya. Pada manusia lapangan pekerjaan mempunyai arti yang lebih dari itu, yaitu merupakan juga unsur martabat manusia. Misalnya, orang yang hidup dari pemberian, yaitu mendapatkan kebutuhan hidupnya bukan dari hasil pekerjaannya, dianggap dan merasa martabat dirinya rendah.

4.3. Kebutuhan dasar untuk memilih

Kemampuan memilih merupakan sifat hakiki mahluk untuk dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya, baik pada

tumbuhan, hewan maupun manusia. Akar tumbuhan dapat memilih unsur mana yang diserap banyak dan mana yang diserap sedikit. Kemampuan memilih ini memungkinkan kita untuk menggunakan tumbuhan sebagai indikator adanya zat tertentu dalam tanah. Hewan juga memilih apa yang ia makan. Pilihan itu dapat sangat luas atau sangat khas. Kambing, misalnya, pilihannya sangat luas. Bermacam jenis tumbuhan mau ia memakannya. Tetapi hama wereng pilihannya sangat khas. Ia hanya menyerang tanaman padi.

Pada manusia kemampuan memilih berkembang melampaui tujuan untuk mempertahankan kelangsungan hidup hayatinya, yaitu merupakan juga ekspresi kebudayaannya. Makanannya, pakaiannya, rumahnya, keseniannya dan kebudayaannya beraneka. Misalnya rumah. Pada hewan yang membuat rumah, rumah itu berbentuk khas. Bahkan rumah dapat digunakan sebagai salah satu unsur untuk mengidentifikasikan jenis hewan tersebut. Contohnya ialah siput. Tetapi rumah manusia sangat banyak bentuknya. Pada kelompok manusia yang masih tradisional sering terdapat bentuk umum dengan perbedaan dalam detilnya saja.

Keanekaan yang besar itu menunjukkan, kesempatan untuk dapat memilih merupakan hal yang esensial dalam kehidupan manusia. Dengan lain perkataan ia merupakan kebutuhan dasar, terutama untuk kelangsungan hidupnya yang manusiawi. Untuk dapat memilih haruslah ada keanekaan. Karena itu keanekaan merupakan unsur yang esensial dalam lingkungan. Pemeliharaan keanekaan akan menjamin tidak tertutupnya, atau paling sedikit mengurangi kemungkinan tertutupnya, pilihan kita di kemudian hari.

Kesempatan memilih itu meliputi pula keputusan menentukan nasib dirinya, keluarganya, dan masyarakatnya. Ia dapat memilih apakah akan menjadi seorang ahli teknik mobil ataukah akan menjadi seorang administrator dalam sebuah kantor; apakah dia akan tinggal di desa tempat kelahirannya ataukah akan pindah ke daerah transmigrasi, dan apakah akan menggunakan uangnya untuk membeli mobil ataukah akan dipakai untuk modal berusaha.

Kesempatan memilih dipengaruhi oleh berbagai macam

faktor, antara lain undang-undang dan peraturan pemerintah yang lain serta faktor sosial-budaya dan ekonomi. Orang yang berpendapatan tinggi, misalnya, mempunyai kebebasan memilih pakaian, makanan dan rumah yang lebih besar dari orang yang berpendapatan rendah. Orang yang sedang menjalani hukuman dalam penjara, kesempatan memilihnya sangat terbatas. Ia tidak dapat pergi ke mana ia kehendaki; jadwal dan jenis kegiatan serta menu makanan telah ditentukan. Karena itu, walaupun dari segi pangan ia serba kecukupan, tetapi mutu hidupnya rendah. Contoh yang terakhir ini menunjukkan dengan jelas betapa pentingnya kesempatan memilih dalam menentukan mutu hidup manusia.

Sumberdaya gen yang kaya, yaitu banyak jenis tumbuhan dan hewan, memperluas pula pilihan kita. Apabila terjadi wabah penyakit pada tumbuhan dan ternak kita, misalnya, sumberdaya gen yang kaya itu memberikan pilihan yang luas kepada kita untuk mengembangkan varietas unggul yang tahan terhadap penyakit tersebut. Demikian pula selera dan pasaran selalu berubah-ubah. Sumberdaya gen yang kaya itu juga memberi kesempatan kepada kita untuk menyesuaikan hasil tumbuhan dan hewan kita dengan selera dan pasaran yang baru itu.

5. MANFAAT DAN RISIKO LINGKUNGAN

Faktor lingkungan sebagian membantu dan sebagian lagi merintangi kita untuk mendapatkan kebutuhan dasar kita. Faktor yang membantu untuk mendapatkan kebutuhan dasar itu merupakan manfaat lingkungan dan yang merintangi merupakan risiko lingkungan. Manfaat dan risiko lingkungan itu berupa faktor hayati dan fisik kimia serta dapat bersifat alamiah atau buatan manusia. Misalnya, nyamuk malaria adalah risiko lingkungan yang bersifat hayati dan mata air manfaat lingkungan yang bersifat fisik. Keduanya merupakan faktor alamiah. Racun hama, misalnya DDT, yang mencemari suatu perairan adalah risiko lingkungan yang bersifat kimia buatan manusia.

Manfaat atau risiko lingkungan dapat tersebar secara

aktif dengan kekuatannya sendiri, misalnya dengan terbang atau kekuatan fisiknya. Dapat juga terbawa secara pasif oleh kekuatan tertentu, misalnya arus udara atau air. Nyamuk malaria, misalnya, tersebar dengan terbang, gempa bumi tersebar dengan kekuatan fisik melalui tanah dan kuman penyakit kolera melalui arus air. Penyebaran itu dapat juga terjadi karena seekor hewan memakan organisme lain, yaitu melalui rantai makanan. Suatu rantai makanan, misalnya, ialah plankton yang hidup dalam air dimakan ikan kecil, ikan kecil ini dimakan ikan yang lebih besar dan ikan yang lebih besar ini ditangkap dan dimakan oleh manusia. Misalkan air itu mengandung DDT. DDT akan terserap oleh plankton sehingga tubuh plankton mengandung DDT. Ikan kecil yang memakan plankton itu akan mengandung DDT juga dan selanjutnya DDT itu akan berpindah dari ikan kecil ke ikan yang lebih besar yang memakannya. Manusia yang memakan ikan yang lebih besar itu juga mendapatkan DDT di dalam tubuhnya.

Penyebaran manfaat dan risiko lingkungan tidak saja terjadi secara alamiah, melainkan juga dapat melalui faktor teknologi dan sosial budaya lain, baik secara disengaja maupun secara tidak sengaja. Air, misalnya, dapat disebarkan secara berencana melalui pipa atau saluran terbuka. Tikus terbawa dari satu tempat ke tempat lain oleh kapal.

Manfaat dan risiko lingkungan sifatnya tidaklah pasti, melainkan merupakan suatu kementakan. Kementakan itu dapat besar atau kecil. Misalnya, Bandung mempunyai curah hujan rata-rata 2.000 mm per tahun. Hal ini berarti kementakannya adalah besar, dalam suatu tahun akan turun hujan sekitar 2.000 mm. Tetapi ini tidak dapat dipastikan. Dalam suatu tahun mungkin saja hanya turun hujan 1.500 mm atau malahan 3.000 mm. Pengalaman memang menunjukkan ada tahun dengan lebih banyak hujan dari normal dan ada pula tahun dengan lebih sedikit hujan dari normal. Gempa bumi dan meletusnya gunung berapi adalah contoh lain yang tidak dapat ditentukan dengan pasti. Pada umumnya di Indonesia kementakan terjadinya gempa bumi adalah besar. Gunung Merapi di Jawa Tengah mempunyai kemen-

takan besar untuk meletus, sedangkan Gunung Tambora di Sumbawa mempunyai kementakan kecil untuk meletus. Tetapi kita tidak dapat menyatakan bahwa Gunung Tambora tidak akan meletus lagi. Demikian pula kita tidak dapat mengatakan tidak akan ada lagi kasus penyakit cacar di Indonesia, walaupun penyakit ini sudah dinyatakan terberantas di Indonesia. Yang dapat kita katakan ialah di Indonesia kementakannya sangat kecil akan terjadi wabah penyakit cacar.

Antara manfaat dan risiko lingkungan terdapat hubungan yang erat. Suatu faktor dapat merupakan manfaat dan risiko sekaligus. Misalnya, hujan merupakan sumber air yang utama. Dengan adanya hujan, danau dan sungai menjadi berair dan lapisan tanah penyimpanan air terisi oleh air. Tetapi hujan juga merupakan kekuatan yang menyebabkan erosi tanah dan dapat mengakibatkan banjir. Erosi tanah mengurangi kesuburan tanah dan menurunkan produksi tanaman. Banjir menyebabkan kerusakan serta kematian ternak dan manusia. Jelaslah, hujan sekaligus merupakan manfaat dan risiko lingkungan. Contoh lain ialah iklim, gunung berapi, fauna dan flora (Gambar 3.4). Karena itu di samping kita mensyukuri manfaat lingkungan yang banyak terdapat di tanah air kita, kita wajib pula waspada terhadap risikonya. Dengan kewaspadaan itu, kita menjadi lebih hati-hati dan tidak sombong seolah-olah kita mempunyai kekayaan yang sangat besar. Apa yang kita miliki itu akan kita jaga dengan baik dan kita pakai dengan hemat agar risiko lingkungan dapat dibatasi sampai sekecil-kecilnya. Daftar 2.1 memberikan ikhtisar tentang sebagian manfaat dan risiko lingkungan kita. Para pembaca dapat melengkapinya dengan manfaat dan risiko lingkungan di daerah masing-masing.

Keterikatan antara manfaat dan risiko lingkungan nampak juga dari hal bahwa mengambil manfaat lingkungan selalu akan menimbulkan risiko lingkungan. Misalnya, menggunakan oksigen dalam udara untuk pembakaran bensin dalam mesin akan menimbulkan risiko pencemaran udara. Apabila risiko yang diakibatkan oleh pemanfaatan itu

Daftar 2.1. Gambar umum sebagian manfaat dan risiko lingkungan di Indonesia

Sumber manfaat dan risiko lingkungan	Manfaat yang dapat didapat	Risiko yang dihadapi
Iklim: Suhu dan kelembaban tinggi sepanjang tahun; curah hujan tinggi di sebagian besar tempat; angin lemah; penyinaran matahari tinggi.	Baik untuk pertumbuhan banyak tumbuhan dan hewan sepanjang tahun; tidak perlu investasi besar untuk rumah dan pakaian khusus; persediaan air cukup disebagian besar tempat.	Pertumbuhan yang cepat hama, vektor penyakit dan patogen; risiko kejang panas, banjir dan erosi; pendangkalan danau, sungai, waduk dan saluran irigasi.
Gunung berapi	Penyuburan tanah; sumberdaya energi; pemandangan yang indah; air panas; pembentukan hujan dan penyimpanan air.	Letusan yang merusak dan kematian ternak dan manusia; banjir lahar hujan.
Gempa bumi	Sumberdaya energi?	Merusak dan menyebabkan kematian ternak dan manusia.
Flora dan fauna	Sumberdaya hayati dan gen yang kaya; pemandangan yang mengasyikkan dan menarik; obyek ilmu pengetahuan yang kaya.	Banyak hama, vektor penyakit dan patogen.
Penduduk	Sumberdaya manusia	Penyusutan sumberdaya; pencemaran oleh limbah domestik.
Pembangunan	Antara lain perbaikan sanitasi, berkurangnya vektor penyakit dan bertambahnya air pengairan.	Penyusutan sumberdaya; pencemaran oleh industri dan transpor.



Gambar 3.4. Letusan Gunung Galunggung dalam tahun 1982. Gunung berapi merupakan risiko lingkungan. Letusannya dapat menyebabkan kematian manusia dan ternak, rusaknya kota, desa dan sawah. Pada lain pihak gunung berapi merupakan manfaat lingkungan. Debunya menyuburkan tanah; energinya dapat dipakai untuk membangkitkan tenaga listrik. *Foto: Pikiran Rakyat.*

diperkecil, manfaat yang dapat diambil umumnya juga akan berkurang.

Mutu lingkungan juga dapat dinaikkan dengan mengurangi risiko lingkungan. Usaha pengurangan risiko lingkungan akan memperbesar risiko lain yang telah ada atau menimbulkan risiko baru. Misalnya, memberantas hama dengan racun hama merupakan usaha untuk mengurangi risiko lingkungan. Akan tetapi racun hama menimbulkan risiko pencemaran lingkungan, terbunuhnya organisme yang berguna, antara lain, lebah madu dan organisme yang memakan hama, dan berjangkitnya hama baru.

Uraian di atas menunjukkan betapa peliknya pengelolaan lingkungan untuk mendapatkan manfaat lingkungan yang sebesar-besarnya dan risiko lingkungan yang sekecil-kecilnya. Memanglah di dunia yang fana ini tak ada hal yang

gratis. Segala sesuatu ada biayanya. Tetapi ini tidak berarti bahwa kita lalu tidak berani berbuat apa-apa. Sebab tidak berbuat apa-apa pun menimbulkan risiko lingkungan, antara lain tinja dan air seni yang kita produksi membawa risiko pencemaran. Tiduran terus-menerus pun dapat mengakibatkan infeksi pada kulit yang menyebabkan luka parah, seperti dapat kita lihat pada orang sakit yang harus lama terus-menerus berbaring. Risiko tidak dapat kita tiadakan. Kita harus belajar hidup dengan risiko. Karena itu, bukannya kita tidak berbuat apa-apa, melainkan sebaliknyalah yang harus kita lakukan, yaitu berusaha dan berbuat, walaupun ada risikonya, asalkan risiko itu kita perhitungkan dan kita usahakan menjadi sekecil-kecilnya. Risiko itu kita kelola.

BAB IV

PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan lingkungan dapatlah kita artikan sebagai usaha secara sadar untuk memelihara atau dan memperbaiki mutu lingkungan agar kebutuhan dasar kita dapat terpenuhi dengan sebaik-baiknya. Karena persepsi tentang kebutuhan dasar, terutama untuk kelangsungan hidup yang manusiawi, tidak sama untuk semua golongan masyarakat dan berubah-ubah dari waktu ke waktu, pengelolaan lingkungan haruslah bersifat lentur. Dengan kelenturan itu kita berusaha untuk tidak menutup pilihan golongan masyarakat tertentu untuk mendapatkan kebutuhan dasarnya atau menutup secara dini pilihan kita untuk kemudian hari.

Manusia mempunyai daya adaptasi yang besar, baik secara hayati maupun kultural. Misalnya, manusia dapat menyesuaikan diri pada penggunaan air yang tercemar. Ia membentuk daya tahan terhadap penyakit dalam tubuhnya dan karena kebiasaan menekan rasa jijiknya terhadap air yang kotor, air bersih tidak lagi dirasakan sebagai kebutuhan dasar oleh kelompok manusia tersebut. Adaptasi demikian itu, walaupun mempunyai nilai dalam mempertahankan kelangsungan hidup, haruslah dianggap sebagai *maladaptasi* atau penyesuaian diri yang tidak sehat. Maladaptasi tidak dapat diterima dalam pengelolaan lingkungan. Sebab hidup dengan air yang tercemar itu haruslah dianggap tidak manusiawi. Kelenturan dalam pengelolaan lingkungan haruslah tidak memberikan akomodasi pada maladaptasi.

Untuk mendapatkan mutu lingkungan yang baik, usaha kita ialah memperbesar manfaat lingkungan atau dan mem-

perkecil risiko lingkungan. Ini bukanlah usaha yang mudah.

Pengelolaan lingkungan sebenarnya bukanlah suatu hal yang baru. Sejak manusia ada ia telah mulai melakukan pengelolaan lingkungan. Manusia pemburu harus mencari dan mengejar hewan buruannya. Hasilnya tidak dapat dipastikan, kadang-kadang banyak dan kadang-kadang sedikit. Jenis hewan yang tertangkap pun tidak dapat dipastikan. Untuk dapat lebih memastikan atau memperbesar kementakan hasilnya, baik dalam jumlah maupun dalam jenis hewan yang dapat ditangkapnya, manusia menjinakkan dan memelihara hewan tertentu sebagai ternak. Ia membuat dan memelihara padang perumputan. Ia menjaga pula ternaknya terhadap serangan hewan buas. Dengan perkembangan peternakan itu manfaat lingkungan dapat diperbesar dan risiko lingkungan diperkecil, sehingga kemungkinan terpenuhinya kebutuhan dasarnya dapat lebih terjamin. Hal yang serupa kita dapatkan dalam pertanian, perikanan dan perhutanan. Domestikasi, yaitu penjinakan dan pemeliharaan, tumbuhan dan hewan liar merupakan usaha pengelolaan lingkungan yang dimulai sangat awal dalam kebudayaan manusia.

2. KELESTARIAN KESEIMBANGAN LINGKUNGAN?

Sering kita mendengar anjuran atau membaca agar kita jangan mengganggu keseimbangan lingkungan atau agar kita melestarikan keseimbangan lingkungan. Keseimbangan lingkungan sering pula disebut keseimbangan ekologi. Juga dianjurkan agar melestarikan keserasian lingkungan.

Dalam kamus W.J.S. Poerwadarminta (PN Balai Pustaka, Jakarta, 1976): lestari = tetap selama-lamanya, kekal, tidak berubah sebagai sediakala; melestarikan = menjadikan (membiarkan) tetap tak berubah dan serasi = cocok, sesuai, kena benar. Berdasarkan arti dalam kamus ini melestarikan keserasian dan keseimbangan lingkungan berarti membuat tetap tak berubah atau kekal keserasian dan keseimbangan lingkungan.

Keserasian adalah suatu hal yang relatif dan subyektif. Apa yang dianggap serasi oleh seseorang atau segolongan

orang tidaklah selalu serasi bagi orang atau golongan orang lain. Juga apa yang dianggap serasi pada suatu waktu dianggap tidak serasi di waktu lain. Masing-masing orang atau golongan orang dan waktu mempunyai selera yang menentukan apa yang serasi atau tidak serasi. Misalnya, kita kenal taman gaya Prancis, Inggris atau pun Jawa yang masing-masing mempunyai kekhasan tertentu. Alun-alun merupakan khas taman gaya Jawa dengan pohon beringin di sekelilingnya dan dua pohon beringin "kurung" di tengah. Pohon beringin itu dicukur diberi bentuk yang teratur. Sifatnya sangat formal. Taman gaya Prancis sifatnya juga formal, sedangkan taman gaya Inggris sifatnya lebih informal. Orang Jawa tradisional menganggap taman gaya Inggris sebagai tidak serasi.

Arsitektur pun berbeda-beda yang menunjukkan selera keserasian masing-masing bangsa. Arsitektur kuno Yunani berbeda dari arsitektur Romawi dan Mesir. Aristektur Minangkabau berbeda dari arsitektur Bugis, dan keduanya berbeda dari arsitektur Bali.

Waktu mempunyai pengaruh yang besar terhadap rasa keserasian. Karena itu mode berubah-ubah dari waktu ke waktu. Kini tak ada kota yang membuat taman seperti alun-alun. Gaya itu telah dianggap tidak serasi lagi dengan lingkungan kota yang modern. Dulu wanita Bali berpakaian tanpa kutang. Hal itu dianggap biasa dan serasi dengan nilai kebudayaan yang hidup pada waktu itu. Sekarang tidak lagi ada wanita yang tak berkutang, kecuali orang tua dan di desa yang sangat terpencil. Seorang wanita yang berjalan-jalan di kota tanpa kutang dianggap tidak lagi serasi, bahkan tidak susila. Demikian pula mode rok mini. Dalam permulaan 1970-an wanita tua-muda memakai rok mini. Mode itu dianggap serasi. Tetapi mode itu kemudian hilang. Jangankan wanita tua, gadis muda pun tidak dianggap serasi memakai rok mini itu. Namun dalam tahun 1987/1988 mode itu muncul kembali: rok mini itu dianggap baik lagi.

Jadi jelaslah keserasian bukanlah suatu hal yang kekal, melainkan berubah-ubah menurut umur orang atau golong-

an, tempat dan waktu. Karena itu melestarikan keserasian bertentangan dengan hakekat hidup yang menginginkan perubahan. Melestarikan keserasian akan berarti meniadakan kebutuhan dasar untuk dapat memilih. Karena itu akan berarti menurunkan mutu lingkungan dan dengan itu mutu hidup.

Anjuran untuk melestarikan keseimbangan lingkungan harus pula dipertanyakan. Dalam Bab I telah diuraikan lingkungan selalu berubah. Iklim berubah, permukaan laut berubah, kepulauan berubah, flora dan fauna berubah. Kepulauan Indonesia dahulu sekali terdiri atas dua blok daratan, yaitu di barat tanah Sunda yang merupakan bagian benua Asia dan di Timur tanah Sahul yang bersatu dengan benua Australia. Aktivitas geologi, erosi, volkanisme dan perubahan permukaan laut membentuk apa yang kini dikenal sebagai kepulauan Indonesia yang merentang dari Sumatera sampai Irian Jaya. Dengan perubahan itu keseimbangan ekologi pun berubah. Aktivitas erosi, geologi dan volkanisme kini masih terus berjalan. Delta tumbuh terus dan bertambah besar. Misalnya, delta di muara sungai Citarum, Cimanuk dan Cisanggarung. Gerak lempeng tektonik masih terus berjalan dan mengubah morfologi bumi. Kepunahan jenis dan pembentukan jenis hewan dan tumbuhan baru terus berlangsung. Jelaslah keseimbangan yang kekal tidaklah ada. Dan kita tidak mampu untuk menahan proses perubahan alamiah itu (Gambar 4.1).

Pembangunan pada hakekatnya adalah pengubahan lingkungan, yaitu mengurangi risiko lingkungan atau dan memperbesar manfaat lingkungan. Sejak berabad tahun yang lalu nenek moyang kita telah mengubah hutan menjadi daerah pemukiman dan pertanian. Pengubahan hutan menjadi sawah merupakan usaha untuk memanfaatkan lahan untuk produksi bahan makanan dalam kondisi curah hujan yang tinggi dan juga untuk mengurangi risiko erosi di daerah yang banyak bergunung. Hingga sekarang pencetakan sawah masih berjalan terus. Dengan pengubahan hutan atau tataguna lahan lain menjadi sawah berubahlah pula keseimbangan lingkungan.



Gambar 4.1. Tyrannosaurus rex, sejenis dinosaurus, telah punah berpuluh juta tahun yang lalu. Salah satu petunjuk bahwa keseimbangan lingkungan di bumi berubah terus menerus. Iklim berubah; laut, benua dan pulau juga berubah; dengan terus menerus ada jenis yang punah dan tumbuh jenis baru. Di dunia yang fana tak ada yang lestari.

Di daerah Danau Lindu di Sulawesi terdapat penyakit hati yang disebabkan oleh sejenis cacing. Penyakit itu disebut *schistosomiasis.* Salah satu fase pertumbuhan cacing itu terjadi dalam tubuh sejenis siput. Larva cacing itu kemudian keluar dari siput dan berenang dalam air. Apabila ada manusia, larva itu menembus kulit dan masuk ke dalam tubuh manusia untuk meneruskan perkembangannya. Perkembangan dalam tubuh manusia itu menyebabkan penyakit hati. Telur cacing keluar dengan tinja manusia. Setelah menetas akan mencari siput dan hidup dalam tubuh siput untuk masa tertentu. Demikianlah terdapat keseimbangan lingkungan antara manusia, cacing dan siput. Penyakit itu dapat ditanggulangi dengan mengobati penderita, yaitu dengan membunuh cacing yang ada dalam tubuh penderita. Cara yang lebih baik ialah dengan memberantas siput, sehingga cacing tidak dapat lagi berkembang karena daur hidupnya terputus. Dengan pemberantasan siput itu terjadilah suatu keseimbangan baru tanpa adanya cacing dan siput. Dalam

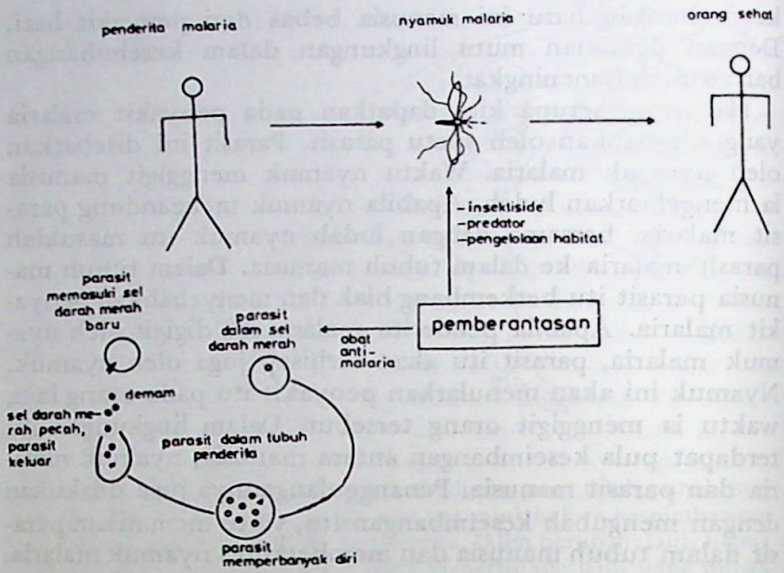
keseimbangan baru ini manusia bebas dari penyakit hati. Dengan demikian mutu lingkungan dalam keseimbangan baru itu telah meningkat.

Hal yang serupa kita dapatkan pada penyakit malaria yang disebabkan oleh suatu parasit. Parasit ini disebarkan oleh nyamuk malaria. Waktu nyamuk menggigit manusia ia mengeluarkan ludah. Apabila nyamuk mengandung parasit malaria, bersama dengan ludah nyamuk itu masuklah parasit malaria ke dalam tubuh manusia. Dalam tubuh manusia parasit itu berkembang biak dan menyebabkan penyakit malaria. Apabila penderita malaria itu digigit oleh nyamuk malaria, parasit itu akan terhisap juga oleh nyamuk. Nyamuk ini akan menularkan penyakit itu pada orang lain, waktu ia menggigit orang tersebut. Dalam lingkungan itu terdapat pula keseimbangan antara manusia, nyamuk malaria dan parasit manusia. Penanggulangannya juga dilakukan dengan mengubah keseimbangan itu, yaitu mematikan parasit dalam tubuh manusia dan memberantas nyamuk malaria. Apabila berhasil, akan terjadilah keseimbangan baru tanpa nyamuk malaria dan parasit malaria dalam lingkungan (Gambar 4.2).

Contoh lain ialah pemberantasan penyakit pes dan cacar yang menunjukkan usaha untuk mendapatkan suatu keseimbangan lingkungan yang baru pada tingkat kualitas lingkungan yang lebih tinggi.

Pemukiman kembali para peladang yang berpindah-pindah dengan membuat perkampungan bagi mereka dan tanah pertanian yang menetap, merupakan pula pengubahan suatu keseimbangan lama ke keseimbangan lingkungan baru. Demikian pula transmigrasi adalah usaha membuat suatu keseimbangan baru.

Dalam usaha untuk mengubah keseimbangan lingkungan yang ada pada mutu lingkungan yang rendah ke keseimbangan lingkungan baru pada tingkat mutu lingkungan yang tinggi diusahakan agar lingkungan tetap dapat mendukung mutu hidup yang lebih tinggi itu. Dengan demikian jelaslah yang kita lestarikan bukanlah keserasian dan keseimbangan lingkungan, melainkan kita ingin melestarikan



Gambar 4.2. **Keseimbangan ekologi manusia, parasit malaria dan nyamuk malaria. Pembangunan berusaha untuk mengubah keseimbangan ekologi ini menjadi keseimbangan baru tanpa adanya parasit malaria dan nyamuk malaria.**

dayadukung lingkungan yang dapat menopang secara terlanjutkan pertumbuhan dan perkembangan yang kita usahakan dalam pembangunan. Walaupun lingkungan berubah, kita usahakan agar tetap ada kondisi yang mampu untuk menopang secara terus-menerus pertumbuhan dan perkembangan, sehingga kelangsungan hidup kita dan anak cucu kita dapat terjamin pada tingkat mutu hidup yang makin baik.

3. PANDANGAN HOLISTIK

Interaksi antara manusia dengan lingkungan hidupnya menjadi bagian penting kebudayaan manusia yang mengandung nilai-nilai tertentu. Dengan demikian pengelolaan lingkungan merupakan pula bagian kebudayaan manusia. Keserasian merupakan unsur pokok dalam kebudayaan kita.

Kita diajar untuk hidup serasi dengan alam sekitar kita, dengan sesama manusia dan dengan Tuhan YME. Ajaran ini kita dapatkan juga dalam kehidupan bernegara kita, yaitu di dalam GBHN. Pandangan hidup ini mencerminkan pandangan yang holistis terhadap kehidupan kita, yaitu bahwa manusia adalah bagian dari lingkungan tempat hidupnya. Dalam pandangan ini sistem sosial manusia bersama dengan sistem biogeofisik membentuk satu kesatuan yang dapat disebut ekosistem sosiobiogeofisik. Dengan demikian manusia merupakan bagian dari ekosistem tempat hidupnya dan bukannya hidup di luarnya. Karena manusia merupakan bagian tak terpisahkan ekosistemnya, keselamatan dan kesejahteraannya tergantung dari keutuhan ekosistem tempat hidupnya. Jika terjadi kerusakan pada ekosistemnya, manusia akan menderita juga. Karena itu walaupun sistem biogeofisik merupakan sumberdaya bagi manusia, namun pemanfaatan sistem biogeofisik untuk memenuhi kebutuhan hidupnya dilakukannya dengan hati-hati agar tidak terjadi kerusakan pada ekosistem. Pandangan hidupnya bersifat ekosentris.

Berdasarkan pandangan hidup yang holistis di atas orang Jawa mempunyai ajaran tradisional *memayu ayuning bawana* yang secara harfiah berarti membuat bumi cantik. Ajaran ini didasarkan pada pengamatan bahwa manusia dan lingkungan hidupnya merupakan satu kesatuan. Ajaran ini sebenarnya tidak hanya dimiliki oleh suku Jawa saja, melainkan suku-suku bangsa lainnya pun memilikinya dengan formulasi yang berbeda-beda. Akan tetapi walaupun ada ajaran itu, dalam praktek ajaran itu tidaklah selalu diterapkan. Namun di dalam masyarakat tradisional yang kontrol sosialnya masih kuat si pelanggar akan terkena sangsi sosial.

Bahaya yang sedang kita hadapi ialah bahwa kita merasa sebagai species yang paling kuat dan segalanya dapat dibereskan dengan teknologi. Penggunaan teknologi memacu pertumbuhan ekonomi. Di negara maju pertumbuhan ekonomi menjadi umpan balik untuk penelitian dan pengembangan teknologi sehingga ekonomi dan teknologi saling memacu perkembangannya. Di negara kita pertumbuhan ekonomi

baru sekedar memacu untuk mencari teknologi yang makin canggih yang tersedia di pasar, tetapi tidak atau sedikit saja memacu penelitian dan pengembangan teknologi. Dengan teknologi yang makin canggih sistem biogeofisik makin dapat dimanfaatkan sebagai sumberdaya semaksimum mungkin untuk mengejar pertumbuhan ekonomi yang setinggi-tingginya. Pertumbuhan ekonomi yang tinggi mendorong pula tumbuhnya pola hidup yang konsumtif. Kekayaan materi tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan hidup, misalnya mobil sebagai alat transpor, melainkan menjadi simbol status sosial, sukses dan modernitas. Makin banyak kekayaan materi yang dimiliki seseorang, makin tinggi kedudukan status sosialnya serta makin sukses dan makin modern ia dianggapnya. Karena itu makin banyak kekayaan materi, makin baik. Kekayaan materi itu tak pernah cukup sehingga selalu harus ditambah.

Pola hidup yang konsumtif didukung pula oleh ajaran tradisional bahwa orang harus hidup sesuai dengan kedudukan dan pangkatnya. Tidaklah pantas bagi seseorang yang mempunyai kedudukan tinggi untuk hidup dalam rumah yang kecil dan tidak mempunyai mobil. Tidak pantaslah baginya untuk naik bus ke kantor, apalagi berjalan kaki atau naik sepeda ke kantor. Agar orang lain dapat melihat bahwa ia hidup dengan cara yang pantas, kekayaan materi itu haruslah dipamerkan. Pamer kekayaan itu diperlukan untuk mendapatkan simbol status.

Dengan makin tinggi tingkat konsumsi manusia, makin banyak sumberdaya yang diperlukan untuk menopang pola hidup itu. Makin tinggi tingkat konsumsi manusia, makin banyak pula limbah yang terbentuk. Limbah itu terbentuk pada waktu mengekstraksi sumberdaya dari alam, mengolahnya menjadi bahan baku industri, mentranspornya ke pabrik, mengolahnya menjadi produk, mengemas dan membuang kemasannya, mengoperasikan/mengkonsumsi produk dan akhirnya pada waktu produk itu dibuang pada akhir masa gunanya. Di Indonesia baik usahawan sebagai produsen maupun masyarakat sebagai konsumen tidak atau sedikit usahanya untuk mengurangi limbah karena kesadaran ling-

kungan, kesadaran hukum dan komitmen untuk melindungi. lingkungan masih rendah. Fungsi kontrol sosial masyarakat tidak jalan. Yang protes hanyalah anggota masyarakat yang langsung terkena pencemaran. Karena masalah yang sama, pejabat yang mempunyai tugas mengawasi masih banyak yang mau diajak berkolusi sehingga pengawasan tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya.

Pandangan hidup kita berpindah dari ekosentris menjadi antroposentris, yaitu sebuah pandangan hidup yang menganggap alam diciptakan untuk kepentingan manusia. Pandangan hidup itu bersifat eksploitatif, yaitu sistem biogeofisik adalah sumberdaya yang dapat dieksploitasi semaksimal mungkin untuk mendukung pola hidup konsumtif. Akibatnya terjadilah deplesi sumberdaya dan rusaknya fungsi ekologi lingkungan hidup kita. Contohnya ialah penyusutan luas hutan dan kerusakan hutan yang mengakibatkan rusaknya fungsi ekologi hutan sehingga terjadilah erosi tanah, pendangkalan sungai, waduk, saluran irigasi dan pelabuhan, banjir, dan erosi genetik.

Yang mencemaskan ialah bahwa penyusutan luas dan rusaknya hutan nampaknya tidak menimbulkan kerisauan yang mendalam di kalangan masyarakat luas dan terus berjalan, walaupun ada protes dari kalangan tertentu, khususnya Lembaga Swadaya Masyarakat. Penebangan hutan nampaknya berkaitan dengan budaya Jawa yang mengajarkan hutan sebagai tempat hidupnya perampok, hewan buas, setan dan jin. Hutan adalah tempat yang berbahaya dan angker. Deskripsi dalam pewayangan tentang hutan ialah *jalma mara, jalma mati* (orang datang, orang mati). Hutan digunakan sebagai simbol halangan bagi kesatria dalam perjalanannya mencari kebenaran. Karena itu dalam budaya Jawa orang takut pada hutan sehingga *babad alas* (menebang hutan) dianggap baik. Yang dapat melakukan *babad alas* adalah orang yang sakti saja sehingga *babad alas* membawa kebanggaan. Hutan yang telah ditebang dan diubah menjadi tempat pemukiman, sawah dan ladang menjadi *reja* (ramai dan bagus).

Babad alas digunakan juga sebagai kiasan bagi perbuatan

pionir yang baik. Misalnya, memelopori mendirikan sebuah universitas disebut juga *babad alas*.

Memang di dalam pewayangan ada *gunungan* yang menggambarkan sebuah bukit dengan hutan, rumah dan hewan buas. Ada yang menginterpretasikan *gunungan* sebagai ekosistem yang serasi. Manusia dan hewan hidup dengan damai dalam hutan. Namun ilustrasi itu sebenarnya adalah hal yang khusus, yaitu pada waktu seorang raja atau begawan bertapa di hutan. Persepsi umumnya ialah hutan merupakan tempat yang berbahaya.

Menipisnya lapisan ozon di stratosfer yang melindungi kita dari penyinaran sinar ultra-violet bergelombang pendek dan terjadinya pemanasan global adalah contoh lain rusaknya fungsi ekologi lingkungan hidup kita.

Proses kerusakan lingkungan berjalan secara progresif dan membuat lingkungan bumi makin tidak nyaman bagi manusia, bahkan jika terus berjalan akan dapat membuatnya tidak sesuai lagi untuk kehidupan kita.

Untuk mengatasi masalah di atas perlulah dikembangkan sumberdaya manusia (SDM) pengelola lingkungan yang handal. Syarat utama untuk kehandalan itu ialah bahwa SDM itu sadar lingkungan yang berpandangan holistis, sadar hukum dan mempunyai kemitmen terhadap lingkungan. Tanpa ini, penguasaan teknologi pengelolaan lingkungan yang paling canggih pun tidak akan banyak gunanya. Bahkan dengan berkembangnya teknologi, kemampuan manusia untuk mempengaruhi lingkungannya makin besar sehingga dengan makin berkembangnya teknologi, kesadaran lingkungan haruslah makin tinggi.

Karena lingkungan berkaitan erat dengan kebudayaan, pengembangan SDM itu tidak dapat dipisahkan dari kebudayaan. Dengan lain perkataan untuk pengembangan sumberdaya yang handal itu lingkungan harus dibudayakan. Budaya antroposentris harus diubah menjadi budaya ekosentris.

Masyarakat merupakan pengelola lingkungan sehingga kita masing-masing adalah pengelola lingkungan. Hal ini tidaklah banyak yang menyadarinya. Jika kita dapat menyadarkan masyarakat bahwa masyarakat mempunyai

kewajiban untuk mengelola lingkungannya dengan baik, seperti tertera dalam undang-undang No.4 tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, kita akan mencapai kemajuan yang besar dalam pengelolaan lingkungan. Karena itu prioritas pengembangan SDM seyogyanya diberikan pada masyarakat umum. Kecuali jumlahnya yang besar pengembangan masyarakat menjadi pengelola lingkungan juga merupakan hal yang strategis. Masyarakat adalah pemasok SDM untuk guru serta pengelola lingkungan professional di kalangan pemerintah, industri dan biro-biro konsultan. Karena itu apabila sikap ramah terhadap lingkungan hidup dapat membudaya dalam masyarakat, budaya ini akan terbawa ke kalangan pendidikan, pemerintah, industri dan biro-biro konsultan. Dengan demikian kebijakan lingkungan yang digariskan oleh pemerintah juga akan dijiwai oleh kebudayaan lingkungan tersebut. Apabila kita berhasil membuat masyarakat berkebudayaan ramah terhadap lingkungan dan mempunyai komitmen yang tinggi, kontrol sosial yang kuat akan dapat berkembang. Dengan adanya kontrol sosial yang kuat budaya malu untuk tidak ramah terhadap lingkungan akan berkembang pula. Dengan demikian pejabat tidak mudah untuk diajak berkolusi. Para usahawan pun tidak mudah untuk mengajak para pejabat untuk berkolusi. Dengan demikian kunci keberhasilan adalah membudayakan sikap hidup yang ramah lingkungan.

Budaya itu haruslah dikembangkan sejak kecil dengan mendidik anak-anak untuk bersikap ramah terhadap lingkungan. Walaupun ini nampaknya sulit, tetapi beberapa hasil nyata telah dicapai. Misalnya, banyak anak kini tahu untuk tidak membuang sampah di sembarang tempat, melainkan membuangnya di tempat sampah. Beberapa contoh lain yang dapat diajarkan ialah, antara lain, mengambil makanan secukupnya saja dan tidak berlebihan agar tidak terbuang; mengajak anak untuk berjalan kaki untuk bepergian dalam jarak pendek sehingga mengurangi konsumsi bensin dan pencemaran; menanam dan memelihara tanaman; mendaur-ulangkan sampah dengan membuat kompos. Mengajar anak-anak untuk mengenal unsur lingkungan, seperti tumbuhan

dan hewan di pekarangan, angin, hujan dan petir serta bercerita atau membacakan buku yang bermuatan budaya lingkungan pada waktu anak akan tidur adalah usaha lain untuk membudayakan lingkungan. Hal kecil-kecil demikian, tetapi praktis dan dapat dilakukan oleh anak-anak membuat lingkungan menjadi riil dan bukannya abstrak. Pengertian itu akan menumbuhkan sikap ekosentris. Walaupun masing-masing sifatnya kecil, tetapi jika jumlahnya banyak akan menjelma menjadi "sedikit-sedikit menjadi bukit".

Budaya konsumen "hijau" perlu juga dikembangkan. LSM-LSM dapat menjadi pelopor dengan memberikan contoh. Sayangnya mereka belum berbuat demikian. Bahkan banyak LSM yang menamakan dirinya pencinta lingkungan telah berbuat sebaliknya, yaitu merusak lingkungan. Misalnya, pada waktu mereka melakukan kegiatan lintas alam. Dengan mudahnya mereka memotong batang pohon untuk menerobos hutan dan untuk perkemahan mereka. Vandalisme masih merajalela, misalnya menatah nama kelompok dengan pisau di batang pohon dan batu.

Dalam bidang transpor konsumen hijau juga masih sangat langka. Walaupun sebenarnya sebagian besar perjalanan adalah berjarak pendek, namun sebagian besar perjalanan pendek itu dilakukan dengan kendaraan bermotor. Budaya untuk berjalan kaki dan naik sepeda telah terdesak oleh kendaraan bermotor. Sebagian ini disebabkan oleh kebijakan pemerintah yang tidak atau sedikit saja membangun fasilitas untuk berjalan kaki dan bersepeda sehingga berjalan kaki, apalagi bersepeda, tidak lagi mempunyai hak jalan. Faktor lain ialah karena berjalan kaki dan bersepeda dianggap primitif dan tidak bergengsi.

Budaya ekosentris bukanlah hal yang baru. Kecuali tradisi, agama pun mengajarkan sikap ekosentris tersebut. Misalnya, dalam agama Islam diajarkan bahwa manusia adalah khalifah Allah di bumi. Sebagai khalifah Allah, manusia wajib untuk menjaga dan melindungi bumi serta dilarang untuk merusaknya. Ajaran lain ialah bahwa Allah tidak suka pada orang yang hidupnya berlebihan. Ajaran agama itu merupakan rem untuk pola hidup yang konsumtif.

4. DAYADUKUNG LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

Pembangunan mempunyai tujuan jangka panjang dalam arti kita tidak hanya membangun untuk kita, generasi yang sekarang, melainkan juga untuk anak cucu kita, generasi yang akan datang. Dalam hubungan ini patutlah kiranya untuk kita renungkan konsep bahwa bumi pada umumnya dan tanah air Indonesia pada khususnya, bukanlah milik kita sebagai warisan yang kita dapatkan dari nenek moyang kita, melainkan milik anak cucu kita. Kita hanyalah dapat pinjaman saja dari mereka. Sebagai pinjaman kita tidak boleh menggunakannya sesuka hati kita sampai habis. Kita berkewajiban untuk mengembalikannya kepada anak cucu kita dalam keadaan yang baik ditambah dengan bunga sebagai imbalan nikmat yang kita dapatkan selama hidup kita di bumi ini. Dengan lain perkataan pada akhir hayat kita, bumi haruslah kita kembalikan kepada generasi berikutnya dalam keadaan yang lebih baik. Keadaan yang lebih baik itu tidak cukup dalam arti statis, melainkan lebih penting lagi dalam arti dinamis. Artinya, keadaan yang baik yang kita tinggalkan itu merupakan suatu fase dalam suatu proses panjang menuju ke kondisi yang makin baik. Fase yang kita tinggalkan itu harus dapat merupakan dasar untuk mendukung fase pembangunan berikutnya. Haruslah ada jaminan tidak akan terjadi keambrukan karena lingkungan tidak dapat lagi mendukung pembangunan itu. Inilah pada hakekatnya pembangunan yang berwawasan lingkungan. Pembangunan itu menaikkan mutu hidup dan sekaligus menjaga dan memperkuat lingkungan untuk mendukung pembangunan yang berkesinambungan.

Dayadukung berkelanjutan ditentukan oleh banyak faktor, baik faktor biofisik maupun sosial-budaya-ekonomi. Kedua kelompok faktor ini saling mempengaruhi.

Faktor biofisik penting yang menentukan dayadukung berkelanjutan ialah proses ekologi yang merupakan sistem pendukung kehidupan dan keanekaan jenis yang merupakan sumberdaya gen. Misalnya, hutan adalah salah satu faktor ekologi dalam sistem pendukung kehidupan. Hutan melakukan proses fotosintesis yang mengha-

silkan oksigen yang kita perlukan untuk pernafasan kita. Apabila proses fotosintesis terhenti atau menurun dengan drastis karena hutan — atau tumbuhan pada umumnya — habis atau sangat berkurang, kandungan oksigen dalam udara akan menurun dan kehidupan kita akan terganggu. Hutan juga mempunyai fungsi hidro-orologi, yaitu melindungi tata air dan tanah dari erosi. Kerusakan hutan akan mengakibatkan rusaknya tata air dan terjadinya erosi tanah. Erosi tanah akan menurunkan kesuburan tanah, yang berarti menurunkan produksi dan menambah biaya produksi, menyebabkan pendangkalan sungai, waduk dan saluran irigasi; menurunkan produksi ikan, dan memperbesar bahaya banjir. Jelaslah hutan mempunyai peranan penting dalam menjaga dapat terpenuhinya kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup hayati, yaitu udara, air, dan pangan.

Hutan bakau melindungi pantai dari hempasan ombak. Hutan bakau juga merupakan habitat berbagai macam udang, kepiting dan ikan, dan karena itu merupakan ekosistem yang amat penting dalam perikanan.

Banyak serangga dikenal sebagai hama dan penyebar penyakit. Tetapi sebenarnya banyak pula serangga yang berguna. Ada serangga yang menyerbuki bunga dan dengan demikian membantu kita dalam produksi buah dan sayuran. Ada lagi serangga yang menghasilkan madu dan serangga lain yang menghasilkan sutera. Banyak serangga dan burung memakan serangga hama dan dengan demikian membantu kita dalam mengendalikan hama. Serangga dan cacing mempunyai peranan penting dalam perombakan bahan organik daun-daunan dan kayu-kayuan hutan yang mati. Dalam proses perombakan ini terbentuklah humus di lantai hutan yang mempunyai peranan penting dalam menjaga kesuburan tanah hutan dan pengaturan tata-air. Di dalam pertanian perombakan bahan organik yang serupa terjadi dalam proses pembentukan kompos.

Jasad renik juga mempunyai peranan penting dalam sistem pendukung kehidupan. Air yang tercemar oleh bahan organik, misalnya, dapat memurnikan dirinya karena bahan organik itu diuraikan oleh jasad renik. Dengan

penguraian itu mineral yang bebas dari bahan organik dapat digunakan lagi oleh mahluk lain. Jasad renik juga mempunyai peranan penting dalam proses pembentukan humus dan kompos. Kita juga mendapat bantuan jasad renik dalam proses pembentukan berjenis bahan makanan, misalnya tempe, oncom, tauco dan tape. Demikian pula banyak jenis obat modern diproduksi oleh jasad renik, salah satunya yang sangat terkenal ialah penisilin.

Mahluk hidup secara keseluruhan merupakan sistem dalam daur materi. Rusaknya daur materi akan mengakibatkan pencemaran. Lebih hebat lagi, kerusakan daur materi akan mengancam kelangsungan hidup semua mahluk.

Contoh pelayanan yang kita dapatkan dari lingkungan kita yang memungkinkan kita hidup di bumi ini sangatlah banyak. Sistem pendukung kehidupan itu harus kita pelihara. Misalnya, kita harus menjaga supaya cukup ada hutan. Waktu kita memberantas siput yang menjadi inang penyakit hati schistosomiasis, nyamuk malaria, tikus inang penyakit pes dan hama wereng, harus diusahakan agar burung dan serangga yang menyerbuki bunga, lebah madu, ikan yang menjadi makanan dan sumber pendapatan rakyat dan cacing yang menyuburkan tanah tidak ikut terbunuh.

Keanekaan jenis merupakan pula faktor yang sangat penting dalam daya dukung berkelanjutan. Ia merupakan simpanan gen yang sewaktu-waktu dapat kita ambil untuk dimanfaatkan. Jadi ia berfungsi sebagai bank gen. Misalnya, banyak jenis anggrek terdapat di hutan, di antaranya ada yang bunganya sangat indah. Anggrek itu dapat kita budidayakan untuk selanjutnya dikembangkan secara komersial. Dapat pula jenis anggrek itu digunakan sebagai bahan persilangan untuk mendapatkan varietas anggrek baru.

Faktor sosial budaya juga mempunyai peranan yang sangat penting, bahkan menentukan dalam dayadukung berkelanjutan. Sebab akhirnya manusialah yang menentukan apakah pembangunan akan berjalan terus atau terhenti. Dari sejarah, kita melihat harkat bangsa yang menanjak, mengalami masa jaya, dan kemudian menyusul kemerosotan. Sriwijaya dan Majapahit adalah contoh di negara kita,

Cina dan India di benua Asia, Mesir di Afrika, Yunani dan Romawi di Eropa dan Inka, Aztec dan Maya di Amerika. Contoh itu menunjukkan, bangsa yang jaya akhirnya tidak dapat mendukung berlanjutnya kejayaannya itu. Pemberontakan, korupsi, dekadensi moral, padamnya jiwa pionir, dan luluhnya semangat bekerja merupakan beberapa faktor penting tidak terdukungnya kejayaan itu.

Kemelaratan pada satu pihak merupakan hambatan untuk pembangunan. Tetapi pada lain pihak kemelaratan juga dapat merupakan cambuk untuk perjuangan memperbaiki nasib diri sendiri. Sebaliknya kekayaan pada satu pihak mengandung kekuatan untuk pembangunan. Tetapi pada lain pihak kekayaan dapat juga menjadi racun moral dan pemadam semangat juang. Karena itu, walaupun pembangunan materiil penting, namun pembangunan yang hanya mengejar atau terlalu menitikberatkan pada kenikmatan materi tidak akan terdukung berlanjut. Pembangunan demikian hanyalah mengangkat derajat manusia secara kuantitatif di atas derajat hewani, tetapi secara kualitatif tidaklah banyak berbeda. Yang membuat manusia berbeda secara kualitatif dari hewan, bukanlah bahwa ia dapat makan dan hidup lebih mewah, melainkan bahwa ia dapat berfilsafat, beragama, berseni, dan berilmu. Filsafat, agama, seni, dan ilmu itulah yang akan dapat mendukung pembangunan yang berkelanjutan, bukan materi. Karena itu dengan tidak mengabaikan pentingnya pembangunan materiil, pembangunan non-materiil haruslah mendapatkan perhatian secukupnya.

5. DAYALENTING

Di dalam ekologi kita kenal konsep dayalenting. Dayalenting menunjukkan kemampuan suatu sistem untuk pulih setelah ia terkena gangguan. Makin cepat sistem itu pulih, jadi makin pendek masa pulih, dan makin besar gangguan yang dapat ditanggungnya, makin tinggi dayalenting sistem tersebut. Untuk sistem yang mempunyai sifat yang ingin kita pertahankan, dayalenting yang tinggi adalah sifat yang baik. Misalnya, cagar alam ingin kita jaga dalam keadaan aslinya. Cagar alam selalu mendapat gangguan secara

alamiah maupun oleh manusia, misalnya, tanah longsor, angin puyuh, kebakaran, penebangan dan perburuan. Cagar alam yang mempunyai dayalenting yang tinggi akan dapat pulih dari gangguan itu. Akan tetapi dalam pembangunan, dayalenting tidak selalu kita kehendaki.

Pembangunan pada hakekatnya adalah "gangguan" terhadap suatu sistem, dalam arti sistem itu ingin kita ubah. Pengubahan itu dilakukan dengan tujuan dan rencana tertentu, yaitu kita inginkan agar sistem itu berubah ke keseimbangan lain yang mempunyai mutu lingkungan yang lebih tinggi. Setelah terjadi perubahan itu kita inginkan agar sistem itu tetap ada dalam kondisi yang baru itu dan tidak pulih ke keadaan yang semula. Misalnya, di dalam suatu sistem terdapat nyamuk malaria sebagai suatu komponen sistem tersebut. Kita berantas nyamuk malaria, sehingga terjadi suatu keseimbangan baru yang kita anggap mempunyai mutu lingkungan yang lebih tinggi dari semula. Setelah pemberantasan itu, tidak kita kehendaki sistem itu pulih lagi, yaitu kembalinya nyamuk malaria.

Hal ini berlaku juga untuk sistem sosial. Misalnya, sebuah desa yang telah diperbaiki kondisi gizi penduduknya melalui intensifikasi pertanian dan pemanfaatan pekarangan, kita inginkan untuk tidak merosot lagi ke keadaan asalnya. Usaha perbaikan itu akan dilakukan terus-menerus, sehingga kondisi gizi penduduk itu selangkah demi selangkah akan meningkat terus.

Walaupun begitu, konsep dayalenting penting dalam pembangunan. Pentingnya konsep itu dalam pembangunan terletak dalam arti kemampuan sistem untuk menerima gangguan dan belajar dari gangguan itu. Belajar dari gangguan berarti mengubah gangguan itu menjadi informasi. Informasi kemudian digunakan untuk menyesuaikan kelakuan terhadap kondisi baru. Dengan demikian konsep dayalenting mengandung arti adaptif. Sistem mempunyai kemampuan untuk mengadaptasikan diri terhadap gangguan. Dengan sifatnya yang adaptif itu sistem dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya.

Sistem yang adaptif sangat penting artinya untuk dapat

menjaga kelangsungan hidup dalam kondisi yang mengandung banyak hal yang tidak diketahui dan tidak dapat diramalkan. Dan inilah sifat dunia yang nyata. Dalam tahun 1981 kita tidak tahu bakal mengalami musim kemarau yang keringnya luar biasa dalam tahun 1982. Kita tidak tahu akan ada tipe hama wereng baru di Sumatera Utara. Resesi yang menjadi-jadi tidak dapat diramalkan sebelumnya. Perang Malvinas dalam tahun 1982 terjadi dengan sekonyong-konyong. Demikian pula perang Arab — Israel dalam tahun 1973. Tidak dapat diketahui dan diramalkan juga sebelumnya, negara OPEC akan menggunakan minyak sebagai senjata politik. Harga minyak naik dari sekitar $3/barrel pada tahun 1973 menjadi sekitar $35/barrel pada tahun 1985. Tetapi kemudian turun menjadi sekitar $10/barrel dan selanjutnya sampai tahun 1988 naik-turun tak menentu antara $10/barrel dan $16/barrel.

Contoh itu menunjukkan, kita tidak dapat mengetahui gangguan apa saja yang akan terjadi. Dan kita tidak dapat melindungi sistem yang kita kelola untuk tidak terkena gangguan. Juga tidak dapat diketahui dengan pasti reaksi apa yang akan terjadi terhadap suatu gangguan. Karena itu tidak mungkin dibuat rencana pengelolaan sistem yang pasti, melainkan rencana itu harus bersifat longgar dan lentur. Kelonggaran dalam pengelolaan berarti dapat menerima adanya gangguan. Sebab memagari diri terhadap gangguan toh tidak dapat, karena gangguan itu banyak yang tidak dapat diramalkan. Dari gangguan itu kita memetik pelajaran. Dengan adanya kelenturan, pengelolaan dapat disesuaikan dengan menggunakan informasi yang kita terima dari gangguan itu.

Suatu contoh ialah pengelolaan cagar alam terhadap kebakaran di Amerika Serikat. Contoh ini diambil karena mempunyai arti harfiah maupun kiasan. Semula pengelolaannya amatlah ketat. Setiap kebakaran, walaupun kecil, diberantas. Ternyata kerusakan oleh api malahan menjadi besar dan bersifat malapetaka, karena terjadinya api tidak dapat diramalkan waktu dan tempatnya. Karena api dijaga

dengan ketat terjadilah penumpukan seresah yang merupakan bahan bakar yang baik waktu musim kering. Penumpukan itu terjadi secara merata di daerah yang luas. Karena tidak adanya api, tajuk pohon menutup berkesinambungan dalam daerah yang luas. Kondisi itu, yaitu penumpukan seresah dan tajuk pohon yang menutup di daerah yang luas, sangatlah baik untuk terjadinya kebakaran yang besar. Kebakaran yang besar itu tak terkendalikan dan merupakan malapetaka. Pengalaman ini memberi pelajaran yang berharga. Pengelolaan diubah. Kebakaran kecil-kecil dibolehkan, tetapi diawasi dan dikendalikan. Seresah tidak menumpuk, sehingga tak cukup ada bahan bakar untuk kebakaran yang besar. Dengan adanya kebakaran kecil-kecil, hutan tidak homogen, dan tajuk tidak menutup di daerah yang luas. Kebakaran yang besar dan luas tidak lagi terjadi. Pengelolaan yang adaptif telah menyelamatkan cagar alam dari malapetaka kebakaran yang besar.

Dalil pengelolaan ialah sistem yang tidak kita ketahui dengan pasti kelakuannya, gangguan apa dan kapan akan terjadi serta bagaimana reaksi sistem terhadap gangguan itu, harus dikelola secara longgar dan lentur. Pengelolaan itu bersifat adaptif. Hal ini berlaku untuk semua ekosistem, baik yang alamiah maupun yang ada manusianya sebagai komponen di dalamnya. Dengan adanya kelonggaran dan kelenturan, "bahan bakar" tidak dapat menumpuk. Sewaktu-waktu ada "api", "kebakaran" hanya kecil. Sistem belajar dari "kebakaran" itu. Untuk dapat mengembangkan pengelolaan yang adaptif, harus dijaga supaya tidak tertutup secara dini pilihan kebijaksanaan pengelolaan di hari depan.

6. RUANG LINGKUP PENGELOLAAN LINGKUNGAN

Pengelolaan lingkungan mempunyai ruang lingkup yang luas dengan cara yang beraneka pula. Pertama, ialah pengelolaan lingkungan secara rutin. Kedua, ialah perencanaan dini pengelolaan lingkungan suatu daerah yang menjadi dasar dan tuntunan bagi perencanaan pembangunan. Ketiga, ialah perencanaan pengelolaan lingkungan berdasarkan perkiraan dampak lingkungan yang akan terjadi sebagai akibat suatu

proyek pembangunan yang sedang direncanakan. Keempat, ialah perencanaan pengelolaan lingkungan untuk memperbaiki lingkungan yang mengalami kerusakan, baik karena sebab alamiah maupun karena tindakan manusia.

Manusia secara rutin mengelola lingkungannya. Pembuangan sampah dan pembuatan saluran pembuangan limbah dari dapur dan kamar mandi merupakan contoh kegiatan dalam pengelolaan lingkungan. Para petani secara rutin memelihara sengkedan sawahnya dan saluran pengairan, memberantas hama dan penyakit tanaman serta membuat sengkedan baru dan menanam tumbuhan untuk melindungi tanah dari erosi. Di dalam kota terdapat pula pengelolaan lingkungan secara rutin, misalnya pemeliharaan saluran riol, taman dan jalur hijau. Walaupun pengelolaan lingkungan sebenarnya telah dilakukan secara rutin, namun kegiatan itu sering tidak disebut sebagai pengelolaan lingkungan.

Perencanaan pengelolaan lingkungan secara dini perlu dikembangkan untuk dapat memberikan petunjuk pembangunan apa yang sesuai di suatu daerah, tempat pembangunan itu dilakukan dan bagaimana pembangunan itu dilaksanakan. Karena sifat dininya, konflik antara lingkungan dengan pembangunan dapat dihindari atau dikurangi dengan mencarikan pemecahan secara dini. Bahkan pembangunan itu dapat direncanakan untuk mengambil manfaat lingkungan dengan sebaik-baiknya. Dengan demikian akan menjadi jelas pengelolaan lingkungan bukanlah penghambat pembangunan, melainkan pendukung pembangunan.

Di daerah yang mempunyai potensi besar untuk pembangunan seyogyanya dilakukan perencanaan dini pengelolaan lingkungan. Daerah tersebut, antara lain, ialah di sekitar kota, sepanjang jalan raya, daerah yang mengandung bahan tambang dan daerah yang berpotensi untuk transmigrasi dan untuk pariwisata. Daerah-daerah itu dapat diidentifikasi, antara lain, dari peta jebakan mineral dan non-mineral, peta tanah, citra satelit dan potret udara, serta dari GBHN dan buku Repelita. Banyak daerah itu belum mempunyai rencana pengelolaan lingkungan. Daerah itu barulah mempunyai perencanaan pengembangan wilayah yang di-

tinjau dari segi ekonomi dan teknis, atau sama sekali belum mempunyai perencanaan apa-apa. Misalnya, pinggiran kota besar dan daerah pegunungan di sekitarnya mempunyai potensi besar untuk pemukiman dan industri pariwisata, tetapi tidak mempunyai perencanaan pengelolaan lingkungan. Akibatnya ialah, antara lain, terjadinya pencemaran badan air yang menjadi sumber air minum, karena industri ditempatkan di hulu tempat air diambil untuk instalasi penjernihan air; pencemaran udara karena arah angin menghembus dari daerah industri ke kota; menyusutnya air tanah karena penyedotan yang lebih besar dari penyediaan; mengeringnya sumber air karena daerah tampung hujan dijadikan daerah pemukiman; banjir karena perkembangan pariwisata di daerah pegunungan di sekitarnya sangat berlebihan dan tidak mengindahkan fungsi hidro-orologi hutan. Kota yang telah mengalami satu atau lebih masalah itu, antara lain, ialah Jakarta, Bandung, Semarang dan Pontianak. Seandainya telah ada perencanaan pengelolaan lingkungan, masalah itu akan dapatlah dihindari atau paling sedikit dikurangi.

Pengelolaan lingkungan yang akhir-akhir ini banyak mendapat perhatian ialah yang mencakup aspek ketiga dan keempat, yaitu berturut-turut untuk rencana proyek pembangunan dan untuk memperbaiki lingkungan yang mengalami kerusakan. Oleh karena itu pengelolaan lingkungan lebih bersifat reaktif, yaitu bereaksi terhadap suatu perencanaan atau keadaan tertentu. Hal ini menimbulkan citra yang kurang baik terhadap pengelolaan lingkungan, terutama karena reaksi itu sering terhadap hal-hal yang negatif, misalnya pencemaran, kematian satwa liar, dan banjir. Karena hal-hal yang negatif itu sering berkaitan dengan pembangunan, citra itu lalu menjurus pada anggapan bahwa pengelolaan lingkungan menghambat pembangunan.

Perencanaan pengelolaan lingkungan untuk rencana proyek pembangunan umumnya dilakukan berdasarkan perkiraan dampak apa yang akan diakibatkan oleh proyek tersebut. Metode perencanaan pengelolaan lingkungan yang demikian itu disebut Analisis Dampak Lingkungan (ADL).

Walaupun dampak sebenarnya dapat bersifat positif maupun negatif, namun umumnya dampak mempunyai konotasi negatif. Oleh karena itu ADL boleh dikata hanya ditujukan terhadap dampak negatif saja. Kecuali itu, perhatian yang berlebihan terhadap ADL telah menyebabkan diabaikannya batas-batas ADL itu dapat digunakan, dan timbulnya kesan seolah-olah ADL adalah satu-satunya metode perencanaan pengelolaan lingkungan. Menyempitnya persepsi ini membahayakan perkembangan pengelolaan lingkungan di hari depan.

Analisis Dampak Lingkungan merupakan sarana untuk memeriksa kelayakan *rencana* proyek dari segi lingkungan. Karena itu dalam bahasa Inggris ADL disebut juga *pre-audit*, jadi harus dilakukan sebelum proyek itu dilaksanakan. Penggunaan ADL untuk rencana proyek dinyatakan dengan jelas dalam pasal 16 Undang-Undang No. 4, 1982, sebagai berikut: "Setiap rencana yang diperkirakan mempunyai dampak penting terhadap lingkungan wajib dilengkapi dengan analisis mengenai dampak lingkungan yang pelaksanaannya diatur dengan peraturan pemerintah".

Untuk dapat melakukan ADL harus dipenuhi dua syarat, yaitu *i)* adanya rencana kegiatan dan *ii)* adanya garis dasar. Adanya persyaratan itu berkaitan dengan arti dampak. Dampak adalah pengaruh suatu kegiatan. Apabila rencana kegiatan tidak diketahui, dampak yang mungkin timbul dari kegiatan itu juga tidak dapat diperkirakan. Misalnya, kita tidak dapat memperkirakan dampak apa yang akan terjadi dengan hanya diberitahu ada rencana pembuatan jalan dari Jayapura ke Merauke, tanpa diberitahu, antara lain, rute jalan, jenis jalan (diaspal atau hanya diperkeras dengan batu), lebar jalan, dan alat yang akan dipakai (alat besar atau alat kecil dengan banyak tenaga manusia). Kegiatan terperinci lainnya perlu juga diketahui untuk dapat memperkirakan dampak yang akan terjadi.

Dampak adalah suatu perubahan. Perubahan hanya dapat diukur apabila ada titik acuannya. Misalnya, kita baru pertama kali berkenalan dengan seorang bangsa Amerika yang bekerja di Indonesia. Orang itu gemuk. Karena kita baru

bertemu dengan dia untuk pertama kalinya dan tidak mempunyai informasi tentang keadaannya sebelumnya, kita tidak dapat mengetahui bahwa setelah ia bekerja di Indonesia ia telah *menjadi* gemuk. Dengan lain perkataan kita tidak dapat menyatakan, bahwa dampak bekerja di Indonesia adalah menjadi gemuk. Yang dapat kita katakan ialah bahwa ia gemuk.

Titik acuan untuk pengukuran dampak disebut garis dasar, yaitu kondisi lingkungan yang diperkirakan akan ada tanpa adanya proyek. Dampak lingkungan proyek ialah perbedaan antara kondisi lingkungan yang diperkirakan akan ada tanpa adanya proyek dan yang diperkirakan akan ada dengan adanya proyek. Misalnya, ada rencana proyek konversi hutan sekunder menjadi hutan produksi. Untuk contoh kita ambil besaran erosi tanah. Pada waktu perencanaan proyek, kita ukur laju erosi sebesar 0,5 mm per tahun dan terdapat kecenderungan turunnya laju erosi. Dari kecenderungan turunnya laju erosi, diperkirakan tanpa adanya proyek lima tahun lagi erosi akan menjadi 0,3 mm per tahun. Dari pengukuran berdasar percobaan dan penelitian literatur diperkirakan dengan adanya proyek konversi hutan sekunder menjadi hutan produksi, lima tahun lagi erosi akan menjadi 1,5 mm per tahun. Dari angka-angka tersebut dampak proyek konversi hutan sekunder menjadi hutan produksi terhadap erosi tanah diperkirakan sebesar (1,5 — 0,3) mm per tahun = 1,2 mm per tahun dalam waktu lima tahun.

Kasus yang sering kita hadapi di Indonesia dan di negara lain ialah bahwa proyek telah selesai dibangun dan dalam keadaan operasional. Semasa pembangunan proyek dan waktu operasional, telah terjadi perubahan dalam kondisi lingkungan. Garis dasar tidak kita ketahui dan telah terhapus oleh proyek. Dalam keadaan ini kita tidak dapat lagi mengukur dampak. Misalkan dalam contoh konversi hutan sekunder menjadi hutan produksi tersebut di atas, tidak dilakukan pengukuran erosi sebelum proyek dimulai. Pada waktu proyek berumur 5 tahun kita ukur laju erosi dan kita dapatkan angka 1,5 mm per tahun. Tetapi kita tidak menge-

tahui, berapa besarkah erosi, jika tidak ada proyek. Karena itu dampak tidak dapat diukur. Angka erosi 1,5 mm per tahun hanyalah menunjukkan keadaan pada waktu proyek berumur 5 tahun.

Secara umum dapatlah dikatakan, ADL tidak dapat digunakan untuk proyek yang telah jadi, garis dasarnya tidak diketahui dan telah terhapus. Misalnya, kita tidak dapat melakukan ADL untuk bendungan Jatiluhur, pabrik semen Cibinong, pabrik baja Cilegon dan pabrik urea Sriwijaya. Dalam beberapa hal tertentu kita dapat merekonstruksi beberapa besaran lingkungan garis dasar, misalnya dari beberapa jenis peta lama, catatan di kelurahan dan kecamatan serta citra satelit dan potret udara lama. Tetapi umumnya rekonstruksi sangat sulit dan tidak lengkap. Terutama untuk memperkirakan suatu kecenderungan amatlah sulit.

Akan tetapi ADL dapat digunakan untuk memperkirakan dampak apa yang akan terjadi dari rencana pengembangan proyek yang telah jadi dengan menggunakan kondisi lingkungan yang ada sekarang sebagai garis dasar. Misalnya, suatu hutan produksi yang sekarang mempunyai luas penebangan 100.000 ha per tahun direncanakan untuk diperbesar menjadi 400.000 ha per tahun. Kondisi biofisik dan sosial-budaya sekarang dan kecenderungan dapat dipelajari. Kondisi dan kecenderungannya inilah yang dijadikan sebagai garis dasar untuk memperkirakan dampak perluasan dari 100.000 ha per tahun menjadi 400.000 ha per tahun.

Amatlah disayangkan maksud ADL sebagai alat *pre-audit* dan syarat-syarat penerapannya kurang dipahami, sehingga ADL digunakan juga pada proyek yang telah jadi. Hal ini haruslah dikoreksi. Untuk kasus-kasus proyek yang telah jadi haruslah digunakan metode lain. Salah satu metode yang dapat dipakai ialah Analisis Manfaat dan Risiko Lingkungan (AMRIL).

AMRIL dapat digunakan baik untuk mempelajari suatu perubahan – jadi dampak – maupun suatu kondisi lingkungan tertentu. Dalam hal AMRIL digunakan untuk mempelajari dampak, AMRIL serupa dengan ADL. Akan tetapi

baik dampak yang negatif, yaitu risiko lingkungan, maupun dampak positif, yaitu manfaat lingkungan, dinyatakan secara eksplisit. Karena itu dalam AMRIL baik dampak negatif maupun positif mendapat perhatian yang sama. Tujuannya adalah untuk memperbesar dampak yang positif dan memperkecil dampak yang negatif. Dengan demikian diharapkan manfaat yang dapat diambil dari proyek itu dapat menjadi sebesar-besarnya.

Untuk penggunaan AMRIL sebagai ADL haruslah dipenuhi syarat seperti ADL, yaitu diketahui rencana kegiatan dan adanya garis dasar.

Penggunaan AMRIL untuk mempelajari suatu kondisi lingkungan tertentu tidak memerlukan syarat seperti ADL. Dalam hal ini AMRIL mengidentifikasikan manfaat dan risiko lingkungan yang ada, memperkirakan kementakan terjadinya, besarnya dan penyebarannya dalam ruang dan waktu, mengevaluasi dan akhirnya menyusun perencanaan pengelolaan lingkungan berdasarkan hasil penelitiannya itu.

Misalnya, di suatu daerah yang ada industri yang telah jadi. Risiko lingkungan yang ada antara lain ialah pencemaran air dan udara, menyusutnya lahan pertanian, terjadinya masyarakat terpisah (enklave) karyawan pabrik tingkat atas, ketegangan sosial antara para pendatang dan penduduk lokal, dan sistem nilai kebudayaan yang tidak mantap. Manfaat lingkungan yang ada ialah, antara lain, sanitasi kota yang baik, rendahnya populasi nyamuk karena diberantas secara teratur, pelayanan kesehatan yang baik dan adanya taman yang indah dan sejuk. Kita tidak mempersoalkan apakah risiko dan manfaat lingkungan itu dampak industri. Yang penting ialah, bagaimana mengelolanya di bawah kondisi yang ada. Pendekatan ini mempunyai juga keuntungan, bahwa industri tidak merasa dituduh telah merusak lingkungan. Sebab, kerusakan lingkungan memanglah tidak selalu disebabkan oleh industri. Misalnya, kematian ikan di sungai dapat disebabkan oleh limbah industri, tetapi dapat juga oleh limbah pertanian. Bertambahnya penyakit di kalangan penduduk, misalnya, belum tentu juga disebabkan oleh industri. Sudah barang

tentu jika benar-benar terbukti kesalahan ada pada industri, kita harus tidak boleh ragu-ragu untuk mengatakan yang demikian. Demikian pula manfaat lingkungan yang diciptakan oleh industri harus pula diakui.

Dengan tidak adanya perasaan pihak industri telah disalahkan secara tidak wajar, industri umumnya menjadi lebih koperatif. Misalnya, dengan memberikan informasi yang diperlukan dan dana untuk menanggulangi masalahnya.

Keterbatasan ADL yang lain ialah ADL hanya mempelajari dampak proyek terhadap lingkungan. Jadi yang dipentingkan hanyalah keselamatan lingkungan, yaitu melindungi lingkungan dari dampak proyek. Tetapi yang tidak kurang pula pentingnya dalam pembangunan ialah keselamatan proyek sebagai akibat kegiatan faktor lingkungan. Jadi harus pula diperhatikan dampak lingkungan terhadap proyek. Misalnya, erosi yang besar di daerah hulu sebuah rencana proyek bendungan akan membahayakan kelangsungan hidup proyek itu. Sebaliknya adanya di lokasi proyek populasi besar ikan yang dapat hidup di waduk akan menguntungkan proyek itu. Rencana pengelolaan lingkungan harus mencakup risiko lingkungan dan manfaat lingkungan itu. Hal yang tidak tercakup di dalam ADL diperhatikan di dalam AMRIL.

ADL juga tidak dapat digunakan untuk perencanaan pengelolaan lingkungan secara dini, karena rencana kegiatan belum diketahui. Tetapi AMRIL dapat, karena AMRIL mempelajari kondisi manfaat dan risiko lingkungan yang ada. Daftar 4.1 memberikan ikhtisar tentang penggunaan ADL dan AMRIL.

7. CITRA LINGKUNGAN

Manusia berinteraksi secara terus-menerus dengan lingkungan hidupnya. Dalam interaksinya ini ia mengamati lingkungannya dan mendapatkan pula pengalaman. Dari pengamatan dan pengalamannya ia mempunyai gambaran tertentu tentang lingkungan hidupnya, yang disebut citra lingkungan. Citra lingkungan itu menggambarkan anggapan orang tentang struktur lingkungan, bagaimana lingkungan itu ber-

Daftar 4.1. Ikhtisar penggunaan AMRIL dan ADL

No.	Uraian	AMRIL	ADL
1.	Perencanaan dini pengelolaan; daerah perawan atau berpenduduk; belum ada perencanaan pembangunan	dapat	tidak dapat
2.	Pembangunan dalam fase perencanaan	dapat	dapat
3.	Pembangunan telah dimulai atau telah selesai dan operasional; garis dasar tidak diketahui dan telah terhapus	dapat	tidak dapat
4.	Pembangunan telah selesai dan operasional; direncanakan perluasan aktivitas	dapat*	dapat*

*) Kondisi sekarang digunakan sebagai garis dasar untuk mengukur dan memperkirakan dampak perluasan aktivitas.

fungsi, reaksinya terhadap tindakan orang serta hubungan manusia dengan lingkungannya. Citra lingkungan itu memberi petunjuk tentang apa yang dapat orang harapkan dari lingkungannya, baik secara alamiah maupun sebagai hasil dari tindakannya, tentang apa yang ia boleh lakukan dan apa yang tidak boleh dilakukan demi kebaikan orang itu.

Citra lingkungan dapat didasarkan pada ilmu pengetahuan, seperti umumnya terdapat pada masyarakat yang bersifat ilmiah, misalnya di dunia barat. Dapat pula citra lingkungan itu didasarkan pada kepercayaan dan mistik, seperti lazimnya didapatkan pada masyarakat yang masih tradisional, dalam arti ilmu pengetahuan belum berkembang di masyarakat itu. Citra lingkungan, baik yang didasarkan pada ilmu pengetahuan maupun yang didasarkan pada kepercayaan dan mistik, tidaklah sesuai benar dengan keadaan lingkungan yang nyata. Citra itu hanyalah dapat mendekati keadaan senyatanya dan manusia tidak akan pernah dapat mengetahui keadaan yang nyata itu. Oleh karena itu citra lingkungan selalu mengalami perubahan karena adanya koreksi tertentu. Misalnya, dulu citra orang tentang bumi adalah datar seperti meja. Apabila orang pergi ke satu jurusan, ia akan sampai ke tepi bumi dan akan jatuh entah ke

mana. Citra ini kemudian dikoreksi dan diganti dengan citra bahwa bumi adalah bulat. Bentuk bulat ini dapat terlihat dengan jelas dari potret bumi yang diambil dari satelit.

Citra lain ialah bumi adalah pusat alam semesta dan matahari berputar mengelilingi bumi. Citra ini pun berubah menjadi bumilah yang mengelilingi matahari.

Salah satu citra lingkungan yang tradisional dalam masyarakat kita ialah bahwa gerhana bulan disebabkan oleh dimakannya bulan oleh naga. Naga itu tidak berbadan dan karena itu setelah bulan ditelan, bulan akan keluar lagi dari naga.

Walaupun citra lingkungan yang tradisional sering tidak logis, namun tidak berarti selalu berakibat buruk bagi lingkungan. Bahkan sering citra lingkungan itu melahirkan praktek pengelolaan lingkungan yang baik yang dapat disebut sebagai kearifan ekologi.

Citra lingkungan orang timur pada umumnya, termasuk orang Indonesia, ialah menganggap dirinya bagian lingkungan hidupnya. Ia tidak berdiri sendiri, melainkan berkaitan dengan yang lain. Tak ada yang berdiri sendiri. Karena itu mengerti tentang sesuatu hal berarti mengetahui hubungan hal tersebut dengan yang lain. Pandangannya adalah holistis, yaitu menyeluruh.

Dalam pandangan yang holistis yang penting bukanlah masing-masing unsur, melainkan keseluruhannya sebagai sistem. Walaupun dalam sistem ini unsur yang satu berkaitan dengan unsur yang lain, namun tidaklah berarti "semua berkaitan dengan semua" atau seperti banyak ditulis dalam buku ekologi dalam bahasa Inggris *"everything is connected with everything"*. Hubungan itu adalah tertentu. Karena itu citra lingkungan, walaupun kompleks, tidaklah ruwet.

Karena manusia menganggap dirinya bagian lingkungan hidupnya, ia merasa keselamatannya tergantung pada keutuhan lingkungannya. Manakala lingkungannya itu mengalami kerusakan, ia pun akan menderita. Karena itu walaupun faktor biofisik dalam lingkungannya itu merupakan sumberdaya baginya, ia memanfaatkannya dengan hati-hati.

Hubungan antara dirinya dengan faktor biofisik itu bukanlah bersifat eksploatatif agar ia dapat mendapatkan keuntungan sebesar-besarnya dari faktor biofisik itu. Hubungan itu lebih berupa pengaturan saling menjaga agar terjadi hubungan yang serasi. Barangsiapa melanggar peraturan, ia akan dihukum, baik oleh manusia atau masyarakat maupun oleh kekuatan yang lebih tinggi, yaitu Tuhan. Hanya dalam lingkungan yang baik manusia dapat berkembang secara optimal dan hanya dengan manusia yang baik lingkungan dapat berkembang ke arah yang optimal.

Kearifan ekologi yang lahir dari citra lingkungan itu banyak. Misalnya, budidaya sawah adalah suatu kearifan ekologi yang memanfaatkan curah hujan yang tinggi dan sekaligus merupakan cara yang amat baik untuk melindungi tanah yang berlereng dari hempasan air hujan. Sengkedan (teras) sawah dibuat menurut garis kontur, sehingga cara bercocok tanam itu sesuai benar dengan teori yang paling mutakhir, yaitu yang dalam bahasa Inggris disebut *contour planting.* Di Jawa Tengah cara itu disebut *nyabuk gunung,* yaitu seperti ikat pinggang yang melingkari gunung. Di Jawa Barat cara itu disebut *ngais pasir,* yang berarti menggendong gunung dengan kain selendang (Gambar 4.3). ''Ngais pasir'' menunjukkan pula rasa cinta orang terhadap lahan pertaniannya, seperti halnya orang menggendong anak.

Di Bali pengaturan air pengairan telah berkembang sampai pada tingkat yang sangat tinggi dengan sistem subak. Itupun merupakan suatu kearifan ekologi.

Sering kearifan ekologi terselubung oleh mistik atau takhayul. Misalnya, di banyak tempat di tanah air kita terdapat kolam dan bagian sungai atau danau yang dianggap keramat. Ikan di dalamnya tidak boleh ditangkap, kecuali pada waktu tertentu yang diatur dengan ritual tertentu pula. Hutan pun ada yang dikeramatkan. Pengeramatan itu nampaknya tidak logis. Namun sebenarnya dapat dibenarkan secara ilmiah. Pengeramatan bagian sungai atau danau dan hutan, merupakan cara yang efektif untuk melindungi sumberdaya gen. Di tempat itu ikan dan satwa lain akan aman dari penangkapan dan perburuan. Fungsi hidro-orologi hu-



A



B

Gambar 4.3. Cara bercocok tanam mengikuti garis kontur yang disebut *nyabuk gunung* atau *ngais pasir*. Cara bercocok tanam ini merupakan kearifan ekologi tradisional yang sangat mengurangi bahaya erosi di daerah yang bergunung dan bercurah hujan tinggi. A: dari samping; B: dari udara. *Foto: Otto Soemarwoto*

konsep taman nasional. Pada prinsipnya taman nasional sama dengan cagar alam, tetapi di dalamnya dapat dilakukan kegiatan pembangunan yang tidak bertentangan dengan tujuan pencagaralaman. Kegiatan itu ialah, misalnya, pariwisata, penelitian dan pendidikan. Di Indonesia beberapa cagar alam telah mempunyai status taman nasional, yaitu Taman Nasional Gede-Pangrango dan Taman Nasional Ujung Kulon di Jawa Barat, Taman Nasional Baluran di Jawa Timur, Taman Nasional Komodo di Nusa Tenggara Timur dan Taman Nasional Gunung Leuser di Aceh. Di dalam Kongres Taman Nasional Sedunia ke-3 di Denpasar, Bali, dalam bulan Oktober 1982, Indonesia mengumumkan tambahan 11 taman nasional lagi.

Pencagaralaman seperti tertera dalam Strategi Pencagaran Sedunia *(World Conservation Strategy)* mempunyai tujuan *i)* memelihara proses ekologi yang esensial sistem pendukung kehidupan, *ii)* mempertahankan keanekaan gen dan *iii)* menjamin pemanfaatan jenis dan ekosistem secara terlanjutkan.

Ketiga tujuan itu saling berkaitan. Tujuan ke-3 menyata-'kan secara eksplisit, pencagaran tidak berlawanan dengan pemanfaatan jenis dan ekosistem. Tetapi pemanfaatan itu haruslah dilakukan dengan cara yang menjamin adanya kesinambungan, yang berarti kepunahan jenis dan kerusakan ekosistem tidak boleh terjadi. Dengan terjaganya keanekaan jenis dan tidak rusaknya ekosistem, proses ekologi yang esensial dalam sistem pendukung kehidupan akan dapat terpelihara pula, misalnya, fungsi hidro-ologi.

Dalam bab ini uraian dipusatkan pada keanekaan jenis.

Setiap jenis mempunyai sifat keturunan tertentu. Yang dimaksud dengan sifat keturunan ialah sifat yang diturunkan oleh bapak-ibu ke anak melalui perkawinan. Sifat keturunan itu terkandung di dalam gen yang terdapat di dalam kromosom. Kromosom terdapat di dalam inti sel.

Sifat keturunan di dalam populasi suatu jenis hanyalah sama secara rata-rata saja. Tetapi selalu ada perbedaan antara individu yang satu dan yang lain. Misalnya, semua manusia mempunyai sifat umum yang sama. Kita dengan mudah



Gambar 4.4. Sistem daurulang tradisional di Jawa Barat dengan mata rantai manusia — ternak — ikan — tumbuhan. Daurulang mempertinggi efisiensi penggunaan sumberdaya. Tetapi cara tradisional ini membawa risiko kesehatan. Seyogyanya sistem daurulang dipertahankan dengan modifikasi untuk menghilangkan risiko kesehatan.

Foto: Otto Soemarwoto
Majalah AMBIO (Swedia) No. 2–3, 1977.

itu tidak dianggap sebagai bahan buangan, melainkan merupakan sumberdaya. Konsep daurulang merupakan kearifan ekologi yang sangat baik, terutama karena dunia sedang mengalami krisis makin menipisnya sumberdaya. Di negara yang maju, misalnya Amerika Serikat, banyak usaha dilakukan untuk mengembangkan sistem daurulang di pertanian dan pabrik. Untuk pengembangan sistem daurulang di pertanian mereka telah mengirimkan ahli-ahlinya ke negara yang diketahui mempunyai sistem daurulang tradisional, antara lain Indonesia dan Cina. Salah satu sistem daurulang di Indonesia kita dapatkan di Jawa Barat. Sampah dapur dan sisa makanan diberikan kepada ayam dan ikan. Kamar mandi dibuat di atas kolam, sehingga tinja dan air seni menjadi pupuk kolam dan sebagian malahan langsung

dimakan oleh ikan. Menurut penelitian, sampah dapur, sisa makanan dan tinja merupakan masukan yang penting dalam produksi ikan (Gambar 4.4).

Risiko kesehatan dalam sistem daurulang ini diatasi dengan dua cara. Pertama, orang tidak memakan ikan mentah, seperti misalnya di Jepang, Thailand dan Laos, melainkan selalu dimasak dahulu. Dengan pemasakan itu parasit yang terkandung dalam tubuh ikan akan mati. Kedua, orang tidak langsung menggunakan air kolam untuk keperluan rumah tangga, misalnya mandi dan mencuci beras, sayuran dan piring, melainkan air yang dipakai untuk keperluan itu didapatkan dari tempat yang lebih tinggi dengan menggunakan saluran bambu. Pada waktu kepadatan penduduk masih rendah, jarak dan waktu antara pemakaian air dan pemakaian kembali air cukup besar. Beban zat pencemar juga tidak berat, sehingga air mempunyai kesempatan untuk memurnikan diri lagi secara alamiah. Karena itu dulu masalah penularan penyakit muntah berak tidaklah berat. Tetapi sekarang kepadatan penduduk sangat tinggi. Kampung yang satu dengan kampung yang lain sangat berdekatan. Karena itu beban pencemaran air menjadi tinggi serta jarak waktu dan tempat antara pemakaian dan pemakaian kembali sangatlah dekat. Akibatnya ialah makin sering terjadinya ledakan penyakit muntah berak.

Perubahan lingkungan dalam bentuk kenaikan kepadatan penduduk tidak disadari oleh masyarakat di pedesaan. Karena itu kearifan ekologi daurulang tidak mengalami koreksi dan masih berjalan seperti sediakala. Dengan adanya masalah kesehatan lingkungan, sistem itu perlu diperbaiki, tetapi tidak dengan membuang sistem daurulang yang pada asasnya sudah baik. Masalah yang kita hadapi bukanlah bagaimana membuang sampah, termasuk tinja, secara higienis, melainkan bagaimana dapat menggunakan sampah secara higienis. Pertanyaan pertama, yaitu bagaimana membuang sampah secara higienis adalah konsep barat yang kita dapatkan dalam pelajaran sekolah dari buku yang ditulis oleh orang Amerika dan Eropa. Jawab-

an atas pertanyaan itu ialah jamban. Karena itu telah dibangun jamban di pedesaan. Tetapi jamban memutuskan arus materi di dalam daurulang, dan orang merasa kehilangan sumberdaya yang diperlukan dalam produksi ikan. Untuk mempertahankan tingkat produksi, orang harus membeli lebih banyak makanan ikan. Artinya ongkos produksi meningkat. Maka tidaklah mengherankan, tidak banyak orang yang mau menggunakan jamban. Selain itu ada pula faktor sosial-budaya yang membuat orang tidak suka menggunakan jamban, yaitu hilangnya sarana komunikasi sosial.

Pertanyaan kedua, yaitu bagaimana menggunakan sampah sebagai sumberdaya secara higienis, merupakan pendekatan yang didasarkan pada konsep yang hidup di dalam masyarakat pedesaan seperti di Jawa Barat. Secara teknis masalah itu dapat dipecahkan, antara lain, dengan pembuatan biogas dari sampah. Biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar dan sisa fermentasi biogas dapat digunakan untuk memupuk kolam. Tetapi secara sosial ekonomi penggunaan sampah untuk produksi biogas masih menghadapi banyak masalah. Kemungkinan lain ialah untuk menggunakan sampah untuk memelihara cacing tanah. Cacing tanah digunakan untuk makanan ikan. Penelitian masih diperlukan untuk dapat memecahkan masalah higiene dalam penggunaan sampah sebagai sumberdaya.

Uraian di atas menunjukkan kearifan ekologi pada dasarnya adalah baik dan banyak yang masih hidup di kalangan masyarakat. Kearifan itu ada yang masih sesuai dengan keadaan sekarang dan karena itu masih perlu dipertahankan dan bahkan harus diperkembangkan. Ada pula yang sudah tidak sesuai lagi dan karena itu perlu dimodifikasi atau bahkan dibuang. Pengembangan pengelolaan lingkungan yang didasarkan pada kajian kritis kearifan ekologi, mempunyai keuntungan akan lebih sesuai dengan kebudayaan masyarakat dan kondisi ekologi lingkungan kita dan karena itu mempunyai kemungkinan lebih besar untuk berhasil daripada cara pengelolaan lingkungan yang diimpor

dari negara asing. Namun demikian kita tidak boleh berpandangan sempit dengan tidak mau menerima masukan dari luar negeri untuk pengembangan pengelolaan lingkungan kita. Masukan dari luar negeri pun harus kita kaji secara kritis tentang kesesuaiannya untuk kita dan kondisi kita, walaupun ia disebut teknologi madya atau tepat guna.

BAB V
PENCAGARALAMAN

1. PENGERTIAN

Pencagaralaman adalah padanan *nature conservation*. Istilah ini diambil dari istilah cagar alam yang telah lama digunakan dan telah menjadi baku. Akhir-akhir ini juga dipakai istilah cagar budaya. Oleh pengaruh Unesco pada akhir dasawarsa 1970-an dipakai juga istilah cagar biosfer.

Cagar alam adalah sebidang lahan yang dijaga untuk melindungi fauna dan flora yang ada di dalamnya. Di dalam cagar alam tidak dibolehkan adanya segala jenis eksploatasi. Menurut kamus Poerwadarminta cagar berarti benda yang dipakai sebagai tanggungan pinjaman atau hutang. Mencagar berarti memberikan barang sebagai tanggungan pinjaman. Apabila dihubungkan dengan arti cagar dalam kamus Poerwadarminta, penggunaan istilah cagar alam sesuai dengan konsep, bumi ini bukanlah milik kita, melainkan milik anak-cucu kita. Kita hanyalah meminjamnya dari anak cucu kita dan harus mengembalikannya kepada mereka dalam keadaan yang baik. Bahkan harus lebih baik dari semula sebagai pembayaran bunganya. Cagar alam itu merupakan tanggungan atau jaminan, bahwa kita akan mengembalikan pinjaman itu. Apakah pencetus istilah cagar alam menganut konsep ini, tidaklah diketahui.

Cagar budaya mempunyai pengertian yang serupa seperti cagar alam. Yang dilindungi bukan suatu daerah yang bersifat alamiah, melainkan hasil kebudayaan manusia. Misalnya, sebuah candi dengan daerah sekitarnya.

Berbeda dengan cagar alam, cagar biosfer dapat meliputi pula daerah yang telah dibudidayakan manusia, misalnya

untuk pertanian secara tradisional dan pemukiman. Dalam konsep ini secara eksplisit dinyatakan, biosfer mencakup bentang alam yang serasi yang terjadi oleh pola tataguna lahan tradisional. Bentang alam yang terjadi sebagai hasil pola tataguna lahan modern dianggap tidak serasi, misalnya pabrik, jalan raya dan pertanian dengan mesin. Hasil usaha manusia yang modern itu, tidak merupakan bagian konsep cagar biosfer. Jadi, apabila di dalam konsep cagar alam pemukiman tidak boleh ada di dalam daerah itu, di dalam konsep biosfer kehidupan orang yang tradisional dapat diterima di dalamnya. Yang menjadi masalah tentulah, masyarakat penduduk di dalam cagar biosfer itu tidaklah statis. Mereka lambat atau cepat mengalami pula proses modernisasi. Pemukiman itu akan bertambah besar, kompleks dan makin jauh dari keadaan alamiah. Akhirnya seluruh cagar biosfer itu dapat termodernisasi. Alternatif lain ialah untuk tidak membolehkan penduduk di dalam cagar biosfer itu untuk berkembang. Penduduk bersama dengan komponen nabati, hewani dan non-hayati akan merupakan obyek pencagaran. Mereka dijaga dan diteliti. Mungkin pula menjadi obyek pariwisata. Alasan alternatif ini ialah penduduk di dalam biosfer itu dianggap hidup serasi dengan lingkungannya. Mereka merasa bahagia. Ada pula yang menambahkan cara hidup itu adalah pilihan mereka sendiri. Alternatif ini tidak mungkin untuk dapat diterima, baik oleh pemerintah maupun oleh penduduk di dalam cagar biosfer itu. Sebab alternatif itu membuat manusia tidak lebih dari benda museum yang tidak boleh berubah. Cara hidup itu pun bukan pilihan yang bebas, karena penduduk tidak mengenal pilihan lain. Bila ada pilihan lain yang mereka ketahui, seperti misalnya karena adanya kontak dengan masyarakat yang lebih modern, mereka umumnya juga mengubah cara hidup mereka.

Dalam era pembangunan, segala macam sumberdaya ingin dimanfaatkan. Karena itu, konsep sebidang lahan yang tidak boleh dijamah, sukar untuk diterima. Tekanan makin besar agar cagar alam diikutsertakan di dalam proses pembangunan. Untuk mengatasi tekanan ini makin banyaklah dipakai

konsep taman nasional. Pada prinsipnya taman nasional sama dengan cagar alam, tetapi di dalamnya dapat dilakukan kegiatan pembangunan yang tidak bertentangan dengan tujuan pencagaralaman. Kegiatan itu ialah, misalnya, pariwisata, penelitian dan pendidikan. Di Indonesia beberapa cagar alam telah mempunyai status taman nasional, yaitu Taman Nasional Gede-Pangrango dan Taman Nasional Ujung Kulon di Jawa Barat, Taman Nasional Baluran di Jawa Timur, Taman Nasional Komodo di Nusa Tenggara Timur dan Taman Nasional Gunung Leuser di Aceh. Di dalam Kongres Taman Nasional Sedunia ke-3 di Denpasar, Bali, dalam bulan Oktober 1982, Indonesia mengumumkan tambahan 11 taman nasional lagi.

Pencagaralaman seperti tertera dalam Strategi Pencagaran Sedunia *(World Conservation Strategy)* mempunyai tujuan *i)* memelihara proses ekologi yang esensial sistem pendukung kehidupan, *ii)* mempertahankan keanekaan gen dan *iii)* menjamin pemanfaatan jenis dan ekosistem secara berkelanjutan.

Ketiga tujuan itu saling berkaitan. Tujuan ke-3 menyatakan secara eksplisit, pencagaran tidak berlawanan dengan pemanfaatan jenis dan ekosistem. Tetapi pemanfaatan itu haruslah dilakukan dengan cara yang menjamin adanya kesinambungan, yang berarti kepunahan jenis dan kerusakan ekosistem tidak boleh terjadi. Dengan terjaganya keanekaan jenis dan tidak rusaknya ekosistem, proses ekologi yang esensial dalam sistem pendukung kehidupan akan dapat terpelihara pula, misalnya, fungsi hidro-ologi.

Dalam bab ini uraian dipusatkan pada keanekaan jenis.

Setiap jenis mempunyai sifat keturunan tertentu. Yang dimaksud dengan sifat keturunan ialah sifat yang diturunkan oleh bapak-ibu ke anak melalui perkawinan. Sifat keturunan itu terkandung di dalam gen yang terdapat di dalam kromosom. Kromosom terdapat di dalam inti sel.

Sifat keturunan di dalam populasi suatu jenis hanyalah sama secara rata-rata saja. Tetapi selalu ada perbedaan antara individu yang satu dan yang lain. Misalnya, semua manusia mempunyai sifat umum yang sama. Kita dengan mudah

dapat membedakan manusia dari orang hutan, misalnya. Tetapi masing-masing orang mempunyai sifat sendiri-sendiri yang berbeda dari sifat orang lain. Tidak ada dua orang yang benar-benar sama, kecuali orang kembar satu telur. Jadi di dalam populasi manusia terdapat keanekaan gen. Keanekaan gen juga terdapat pada tumbuhan dan hewan.

Apabila kita dapat menjaga beraneka jenis populasi, keanekaan gen juga akan terjaga. Kecuali keanekaan gen antarjenis, terdapat pula keanekaan gen di dalam jenis. Yang akhir ini berarti, tidak cukup untuk menjaga kelangsungan hidup jenis saja, melainkan juga harus dijaga varietas di dalam jenis itu. Misalnya, tidak cukup untuk menjaga jenis padi *(Oryza sativa)* dari kepunahan, melainkan juga harus kita jaga varietas padi yang beribu-ribu jumlahnya, misalnya, padi Cianjur, Rajalele, Si Gadis dan Untung. Masing-masing daerah mempunyai jenis sendiri yang telah teradaptasi pada kondisi ekologi setempat, misalnya, daerah yang tergenang air dalam, daerah yang sering kebanjiran, daerah yang sering menderita kekeringan dan daerah yang tanahnya mengandung kadar garam yang tinggi.

Jaminan untuk dapat dimanfaatkannya jenis dan ekosistem secara terlanjutkan sangat penting bagi pembangunan. Kerugian besar akan diderita, apabila setelah ada investasi untuk pemanfaatan suatu jenis atau ekosistem, jenis atau ekosistem itu punah, sehingga eksploatasi tidak dapat berjalan terus. Jadi pencagaran bukanlah mempunyai nilai teoretis saja, melainkan langsung menjadi dasar pengelolaan lingkungan untuk pembangunan. Pencagaran berusaha untuk menjaga kemampuan lingkungan untuk mendukung pembangunan yang berkesinambungan. Karena itu, pencagaralaman tidaklah bertentangan dengan pembangunan. Ia justru menjadi dasar dan petunjuk cara pembangunan yang baik, agar kita dapat terus menerus mengambil manfaat dari pembangunan itu.

2. MANFAAT PENCAGARAN JENIS

Sejak manusia ada di bumi, ia telah memanfaatkan hewan dan tumbuhan dalam lingkungan. Mula-mula dengan cara

seadanya, yaitu apa yang ia temui di alam. Tetapi tidak semuanya ia tangkap atau ambil, melainkan berdasarkan pengalaman ia menyeleksi hewan dan tumbuhan yang dianggapnya berguna. Hewan dan tumbuhan yang diseleksinya kemudian ia pelihara dan budidayakan. Mulai lahirlah pertanian dan peternakan. Di dalam pemeliharaan ini hewan dan tumbuhan itu menerima perlindungan dari manusia. Misalnya, dengan memelihara mereka di dalam pagar, mereka terlindung dari pemangsaan. Perlindungan itu sudah barang tentu dengan tujuan agar si pelindung dapat mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Dengan adanya perlindungan itu sifat hewan dan tumbuhan yang berfungsi untuk melindungi diri tidak lagi diperlukan. Misalnya, duri atau zat yang beracun pada tumbuhan untuk melindungi diri agar tidak dimakan hewan. Secara sadar ia juga memilih sifat-sifat yang ia sukai dan mengeliminasi sifat yang merugikan. Duri, misalnya, mengganggu manusia juga. Karena itu, sedikit tanaman berduri yang ditanam manusia. Sebaliknya, misalnya, ia pilih tanaman yang umbinya besar dan enak. Atau ia pilih hewan yang memproduksi banyak susu, walaupun hewan itu tidak lari cepat. Sebab lari cepat untuk menghindarkan diri dari pemangsa tidak lagi diperlukan.

Proses pembudidayaan itu telah banyak sekali hasilnya. Padi, jagung, kentang, sapi dan ayam adalah contoh dari daftar yang sangat panjang. Proses pembudidayaan tumbuhan dan hewan liar berjalan terus hingga sekarang. Dari waktu ke waktu hewan dan tumbuhan liar kita budidayakan. Proses ini sering dengan belajar dari orang yang masih primitif. Beberapa contoh.

Dalam abad ke-17 ditemukan tanaman kina yang kemudian sangat berjasa dalam pengobatan penyakit malaria. Tanaman kina berasal dari hutan Amerika Latin antara 19° lintang selatan dan 10° lintang utara di lereng timur pegunungan Andes. Orang Indian Inca telah lama menggunakannya sebagai obat anti-malaria, tetapi khasiat obatnya baru dikenal oleh para ahli obat Eropa sekitar tahun 1640. Pada waktu itu seorang bangsawan wanita Spanyol bernama Del Chincon, yang pulang dari Peru, menderita penyakit

malaria dan menggunakan kina untuk menyembuhkan dirinya. Linnaeus, seorang ahli tumbuhan ternama, menggunakan nama bangsawan itu untuk marga tumbuhan kina, yaitu *Chincona.*

Tanaman kina pertama kali dimasukkan ke Indonesia dalam tahun 1852 dari Paris. Dalam tahun 1854 menyusul tanaman lain yang dibawa oleh Hasskarl dari ekspedisinya di hutan belantara Amerika Latin. Dari tanaman itu berhasillah dikembangkan perkebunan kina. Sebelum Perang Dunia II produksi kina di dunia sebagian besar berasal dari Indonesia.

Contoh lain ialah tanaman karet, yang berasal dari hutan belantara daerah Amazon di Amerika Latin. Karet telah lama dikenal oleh bangsa Indian Maya, tetapi baru dikenal oleh rombongan Columbus pada akhir abad ke-15. Tanaman karet pertama kali dimasukkan ke Indonesia dalam tahun 1876. Kita tidak dapat lagi membayangkan kehidupan tanpa karet. Ekonomi kita juga sangat dibantu oleh pohon karet.

Sebelum perang dunia kedua Alexander Fleming menemukan penisilin yang diproduksi oleh jamur. Penemuan ini membuka halaman baru dalam dunia pengobatan. Setelah diketemukannya penisilin itu, ekspedisi dikirimkan oleh Amerika Serikat ke berbagai penjuru dunia untuk mengumpulkan jamur dan jasad renik lain dalam usaha mereka untuk memproduksi penisilin dan obat lain.

Di negara yang telah maju banyak sekali dilakukan penelitian untuk mendapatkan zat-zat baru. Misalnya, dalam usaha untuk mengganti BBM orang telah menemukan zat kimia dalam tumbuhan dari suku *Euphorbiaceae* yang susunan kimianya sangat menyerupai minyak bumi. Tidaklah mustahil dalam waktu yang akan datang kita akan mempunyai perkebunan BBM. Orang juga telah menemukan zat kimia yang sangat manis dalam berjenis tumbuhan. Steviosid, misalnya, manisnya 500 kali gula tebu. Steviosid ditemukan dalam tumbuhan *Stevia rebaudiana* yang berasal dari Amerika Latin pada ketinggian 500—1.500 m di atas permukaan laut. Tanaman Stevia sudah mulai ditanam di Indonesia. Dua je-

nis protein, yaitu protein serendip dan protein thaumatin, berturut-turut adalah 3.000 dan 5.000 kali manisnya gula tebu. Di Afrika ditemukan buah mujijat, yaitu *Synsephalum dulcificum,* yang dapat menghilangkan rasa masam, sehingga jeruk nipis rasanya semanis jeruk manis *(orange).* Zat kimia itu mempunyai potensi yang sangat besar dalam industri makanan. Zat yang manis juga mempunyai potensi sebagai bahan pemanis untuk penderita kencing manis. Industri parfum dengan sangat giat melakukan penelitian tentang zat wangi dalam banyak sekali tumbuhan dan hewan.

Uraian di atas menunjukkan dengan jelas banyak sekali jenis tumbuhan, hewan dan jasad renik memproduksi zat yang sangat berguna bagi manusia. Makin banyak jenis yang kita miliki, makin besar pula jenis zat yang dapat kita manfaatkan. Dalam dunia modern dengan teknologi kimia yang sangat maju sekarang ini, kita masih sangat tergantung pada tumbuhan, hewan dan jasad renik untuk bermacam kebutuhan zat kimia. Misalnya, suatu penelitian di Amerika Serikat menunjukkan, dalam tahun 1967 25% obat yang harus dijual dengan resep berasal dari tumbuhan. Dalam tahun 1978 40% obat yang harus dijual dengan resep berasal dari tumbuhan, hewan dan jasad renik.

Zat kimia alamiah mempunyai pula peranan yang sangat penting sebagai "guru" kita. Dengan mempelajari susunan kimia zat-zat itu, kita dapat mengetahui mekanisme dasar aktivitas zat tersebut. Pengetahuan ini kemudian digunakan untuk membuat zat sintetis yang mempunyai sifat yang serupa. Dengan cara ini telah disintetisir karet buatan, bumbu masak, obat jantung, zat pengatur tumbuh tanaman, zat pemberantas hama dan seribu macam zat lainnya.

Di dalam proses seleksi ada sifat-sifat yang diperkuat, tetapi ada pula sifat yang hilang. Sifat yang hilang ada pula yang sebenarnya menguntungkan manusia, misalnya sifat tahan terhadap hama atau penyakit. Hilangnya sifat yang baik itu sering tidak disengaja, melainkan merupakan akibat proses seleksi. Di dalam tubuh tumbuhan dan hewan terdapat sejumlah energi tertentu. Apabila energi itu banyak terpakai untuk membentuk sifat yang disukai manusia,

energi yang dapat dipakai untuk sifat yang lain tinggal sedikit saja. Misalnya, beberapa sifat tahan terhadap hama pada tumbuhan ialah dinding sel kulit yang keras, rambut pada permukaan tubuh, dan zat kimia penolak hama. Untuk pembentukan dinding sel yang keras, rambut tubuh dan zat kimia penolak diperlukan energi. Bila energi banyak dipakai, misalnya untuk zat pati dalam umbi atau buah, tumbuhan tidak lagi atau sedikit saja membentuk dinding sel kulit yang keras, rambut tubuh dan zat kimia penolak. Hilanglah sifat tahan terhadap penyakit. Untuk mendapatkan kembali sifat tahan terhadap penyakit dapatlah dilakukan perkawinan silang dengan jenis yang liar. Dalam perkawinan silang ini diusahakan agar sifat yang disukai tetap ada pada keturunan, misalnya produksi tinggi, dan didapatkan pula sifat tahan terhadap hama atau penyakit. Untuk mendapatkan kombinasi itu diusahakan tumbuhan yang mempunyai efisiensi fotosintesis yang tinggi dan tidak banyak terpakainya energi untuk sifat yang dianggap tidak perlu.

Seleksi dengan tujuan untuk mendapatkan keturunan dengan sifat yang unggul disebut pemuliaan. Pemuliaan tergantung pada adanya keanekaan gen. Makin kecil keanekaan gen, makin kecil pula pilihan yang tersedia untuk mendapatkan sifat yang diingini. Pemuliaan dapat dilakukan dengan seleksi individu dalam populasi alamiah, maupun populasi buatan. Populasi buatan terbentuk dengan perkawinan silang dan cara lain.

Suatu contoh pemuliaan dengan jenis liar ialah padi unggul IR-36. Varietas ini dikembangkan terutama untuk menanggulangi hama wereng yang mengganas. Varietas ini tahan terhadap wereng dan beberapa hama lain dan mempunyai produksi yang tinggi. Untuk mendapatkan varietas itu dipakai juga jenis padi liar *Oryza nivara,* yang terdapat di India, sebagai bahan perkawinan silang.

Contoh yang serupa ialah pada tebu yang terserang oleh penyakit sereh pada tahun 1881. Penyakit itu dapat diatasi dengan perkawinan silang tebu biasa *(Saccharum officinarum)* dengan tebu Kassur. Yang akhir ini merupakan hasil



Gambar 5.1. Glagah *(Saccharum spontaneum)*, yaitu tebu liar, telah menyelamatkan tebu kita dari penyakit sereh. Dalam program pemuliaan tebu glagah digunakan untuk mendapatkan varietas tebu yang tahan penyakit dan produksi yang tinggi. *Foto: Yayat Dhahiyat*

perkawinan silang alamiah antara tebu varietas Cirebon Hitam *(Zwart Cheribon)* dengan tebu liar glagah *(Saccharum spontancum).* Kassur pertama kali diketemukan tumbuh liar di lereng Gunung Cireme. Karena hebatnya serangan penyakit sereh pada waktu itu, tidaklah berlebihan untuk mengatakan, tebu kita telah diselamatkan oleh glagah (Gambar 5.1).

Kecuali resistensi, sifat lain yang menguntungkan dapat juga terdapat pada jenis yang liar. Misalnya, pohon durian adalah tinggi dan buahnya tergantung tinggi, sehingga bia-

yanya tinggi untuk memungut buah itu. Hal ini merupakan kendala dalam pengembangan pertanaman durian secara komersial. Tetapi ada jenis durian yang buahnya tergantung rendah pada pokok batangnya. Perkawinan antara durian ini dengan durian biasa akan dapat menghasilkan varietas durian unggul dengan kualitas buah yang baik, hasil yang tinggi dan buahnya rendah yang mudah dipelihara dan dipungut.

Perkawinan silang tidak selalu harus dengan jenis yang liar, melainkan dapat dan sering dilakukan antara varietas yang telah dibudidayakan. Padi varietas unggul IR-5 adalah hasil silang antara padi varietas Peta dan padi dari Taiwan. Karena itu IR-5 sering pula disebut PB-5 yaitu singkatan Peta Baru — 5.

Kemungkinan penggunaan gen dalam jenis liar dan jenis yang telah dibudidayakan dalam program pemuliaan tanaman dan hewan sangatlah luas. Apalagi dengan diketemukannya teknik pemotongan dan rekombinasi gen. Dalam teknik ini sebuah gen pada suatu kromosom dipotong dan disambungkan pada gen di kromosom lain, sehingga terjadi suatu kombinasi yang mempunyai sifat keturunan yang sama sekali baru. Misalnya, dengan cara ini telah dapat di-"buat" bakteri yang dapat mensintesa insulin untuk obat kencing manis. Demikian pula telah dapat di-"buat" tikus yang besar. Yang akhir ini membuka kemungkinan untuk mem-"buat" sapi, ayam dan hewan lain yang besar, misalnya untuk hewan potong. Orang sedang berusaha juga untuk memindahkan sifat tumbuhan kacang-kacangan untuk bersimbiosis dengan bakteri Rhizobium yang dapat menambat nitrogen udara kepada tumbuhan bukan kacang-kacangan, misalnya padi dan gandum. Usaha ini belum berhasil. Apabila nanti berhasil, tanaman padi gandum dan lain-lainnya tidak perlu lagi dipupuk dengan nitrogen. Nitrogen itu akan didapatkan oleh tanaman itu dari udara melalui proses simbiosis. Hal ini akan sangat menghemat modal dan energi.

Walaupun teknik baru ini memberikan kepada kita kemungkinan yang sangat besar, namun kita harus sangat

hati-hati. Sebab teknik itu juga dapat disalahgunakan oleh seorang atau segolongan orang untuk kepentingannya dengan tidak memperhatikan kepentingan umum. Teknik itu juga akan menimbulkan banyak masalah etis, terutama apabila diterapkan pada manusia. Misalnya, bolehkah kita menggabungkan gen beberapa orang dan mem-"buat" individu orang baru, seperti halnya pada tikus? Ini bukanlah pertanyaan yang hipotetis, melainkan dalam waktu yang tidak terlalu lama kita nyata-nyata akan dihadapkan pada masalah itu.

Terlepas dari masalah yang etis itu, uraian di atas menunjukkan dengan jelas betapa pentingnya peranan keanekaan gen dalam kehidupan kita. Kemungkinan pemanfaatan gen hanyalah dibatasi oleh imajinasi kita. Makin beraneka gen itu, makin besar pilihan kita untuk hari depan. Hal ini berarti makin tinggi mutu hidup kita. Sebaliknya, makin banyak jenis yang punah dan makin kecil keanekaan gen kita, makin sempit pilihan kita untuk hari depan dan makin rendah mutu hidup kita. Tambahan lagi harus kita ingat, kebutuhan kita terus meningkat dan berubah dari waktu ke waktu. Untuk dapat mendukung kebutuhan yang meningkat dan berubah-rubah itu perlu adanya sumberdaya gen dengan keanekaan yang tinggi.

Gen itu terdapat di dalam jenis yang terdapat di pekarangan, kebun dan sawah, di tepi selokan dan sungai, di padang rumput dan belukar, hutan belantara, danau dan lautan. Dalam proses pembangunan, keanekaan gen harus kita jaga, agar kita dapat mengembalikan bumi yang kita pinjam ini dalam keadaan yang tetap kaya akan jenis kepada anak cucu kita yang meminjamkannya kepada kita. Dengan sumberdaya gen yang kaya anak cucu kita mempunyai pilihan yang luas. Kualitas hidup mereka tinggi.

Lingkungan kita merupakan sumberdaya. Karena itu harus kita manfaatkan. Tetapi pemanfaatannya itu harus kita lakukan dengan bijaksana, agar dayadukung berkelanjutan dapat terpelihara untuk dapat menjamin tingkat hidup yang makin tinggi.

Pandangan yang melihat pencagaran alam dari sudut manfaatnya bagi manusia adalah pandangan yang antroposentris. Pandangan ini kita gunakan sebagai taktik, yaitu agar pencagaran alam dapat diterima oleh pemerintah dan masyarakat sebagai suatu kegiatan dalam pembangunan. Tetapi harus kita sadari bahwa taktik ini mengandung kelemahan, karena dalam kebanyakan hal hasil pencagaran alam tidak dapat diukur dengan uang *(intangible)*. Akhir-akhir ini memang berkembang ekonomi lingkungan yang dengan metode ilmiah tertentu berusaha untuk memberikan nilai uang pada lingkungan. Misalnya, keuntungan dalam rupiah dari usaha penyelamatan badak dihitung berdasarkan asumsi bahwa badak dapat digunakan sebagai salah satu daya tarik ekoturisme. Tetapi argumentasi ini sukar untuk dibela, karena sulit sekali untuk melihat badak di habitatnya yang berhutan. Lagi pula jumlahnya tidak banyak. Jadi nilainya sebagai daya tarik ekoturisme tidaklah besar. Karena itu dalam era pembangunan yang dititikberatkan pada ekonomi argumentasi penyelamatan badak berdasarkan keuntungan ekonomi dengan mudah dapat dikalahkan oleh argumentasi keuntungan ekonomi yang riil. Untuk ilustrasi andaikan di Taman Nasional Ujung Kulon yang menjadi tempat hidup badak jawa ditemukan emas dalam jumlah yang besar. Kemungkinan besar eksploitasi emas di Taman Nasional itu akan diijinkan oleh pemerintah.

Karena itu dalam pencagaran alam seyogyanya digunakan juga argumentasi berdasarkan pandangan hidup yang ekosentris. Lingkungan dengan fauna dan floranya mempunyai nilai intrinsik tertentu. Nilai intrinsik yang penting ialah fungsi ekologi yang membuat bumi menjadi lingkungan hidup yang dapat dihuni oleh mahluk hidup, keindahan alam yang disajikan oleh lingkungan dengan flora dan faunanya serta pertimbangan etis untuk menghargai ciptaan Tuhan. Pencagaran nilai intrinsik lingkungan dengan fauna dan floranya meningkatkan martabat manusia dari manusia *Homo economicus* menjadi manusia yang tidak hanya mengejar keuntungan ekonomi, melainkan manusia yang berperikemanusiaan dan berkebudayaan.

3. KEANEKAAN JENIS

Asia Tenggara merupakan salah satu daerah yang dianggap sebagai pusat asal tanaman, antara lain padi, gadung, jahe, jeruk, pisang, kelapa, pala, kunir, nangka, tebu dan bambu. Di daerah pusat asal itu terdapat keanekaan gen tanaman yang tinggi. Adanya keanekaan gen yang tinggi dapat kita lihat dengan sepintas di Indonesia. Misalnya, berpuluh macam jenis pisang kita kenal, antara lain ambon, susu, emas, tanduk, raja, kepok, dan klutuk atau biji. Padi juga banyak sekali jenisnya.

Kenekaan gen tanaman dan hewan budidaya terjadi melalui evolusi yang sangat dipengaruhi oleh usaha manusia yang mengadaptasikan tanaman dan hewan itu pada kondisi lingkungan biofisik maupun sosial budaya. Sejenis tanaman atau hewan yang dimanfaatkan di dalam daerah yang luas, dengan tujuan yang bermacam-macam dan oleh masyarakat yang luas pula, dapat diperkirakan mempunyai keanekaan gen yang tinggi. Sebab para petani akan mengembangkan varietas tanaman dan hewan yang sesuai dengan kondisi biofisik lokal, tujuan tertentu dan selera kelompok masyarakat tertentu pula. Padi adalah contoh yang baik. Padi ditanam dari daerah pantai sampai daerah pegunungan pada ketinggian hampir 1.000 m; daerah dengan curah hujan yang tinggi sampai daerah yang mempunyai curah hujan yang rendah dan yang tidak mempunyai pengairan; jenis tanah yang bermacam-macam; beras digunakan sebagai makanan pokok, untuk makanan kecil dan untuk upacara; dimakan oleh banyak golongan masyarakat yang mempunyai latar belakang kebudayaan yang bermacam-macam dan ada yang kaya dan yang miskin. Tak adalah satu varietas padi yang dapat memenuhi syarat yang sangat bermacam itu dengan baik diperlukan varietas yang khusus. Karena itu berkembanglah keanekaan gen yang sangat tinggi pada padi. Kita kenal tiga golongan besar padi: bulu, gundil dan cere, yang terbagi dalam dua golongan padi sawah dan padi gogo. Dalam masing-masing golongan terdapat beratus varietas lokal. Kita kenal pula padi biasa dan padi ketan. Di dalam golongan padi ketan terdapat pula banyak varietas. Tetapi sebagai akibat adanya

Bimas, yang menganjurkan penanaman beberapa varietas saja, keanekaan itu sangat berkurang.

Teknik modern dapat mempercepat terjadinya keanekaan gen. Misalnya, dengan menggunakan zat kimia dan dengan penyinaran zat radioaktif terjadi pengubahan dalam kromosom yang meninggikan keanekaan gen.

Keanekaan gen tumbuhan dan hewan liar terjadi melalui evolusi alamiah. Karena jumlah manusia makin banyak dan menempati daerah yang makin luas, evolusi alamiah itu makin banyak terpengaruh oleh manusia. Dengan makin majunya teknologi, kemampuan manusia untuk mengubah lingkungan makin besar. Pengubahan lingkungan ini, misalnya penebangan hutan dan pencemaran, sangat mempengaruhi jalannya evolusi. Tumbuhan dan hewan yang telah dibudidayakan secara alamiah dapat mengadakan perkawinan silang dengan jenis liar. Misalnya, antara ayam kampung dengan ayam hutan, antara babi kampung dengan babi hutan, dan antara tebu dengan tebu liar. Dengan demikian gen dari jenis yang telah dibudidayakan pindah ke jenis yang liar dan sebaliknya.

Berdasarkan uraian di atas untuk memelihara keanekaan gen usaha kita harus dilakukan baik di daerah yang masih liar, maupun daerah yang telah dibudidayakan oleh manusia. Perhatian kita masih terpusatkan pada daerah liar, sedangkan daerah yang telah dibudidayakan masih kita abaikan.

4. KEANEKAAN JENIS DI DAERAH LIAR

Pengelolaan lingkungan untuk mendapatkan keanekaan jenis yang maksimum di daerah liar dapat didasarkan pada dua teori. Pertama, teori pulau biogeografi dan kedua teori bercak.

4.1. Teori pulau biogeografi

Pada dasarnya teori pulau biogeografi menyatakan, jumlah jenis di suatu daerah akan makin besar, makin luas daerah itu dan makin dekat daerah itu pada sumber jenis. Nama teori itu berasal dari pengamatan di pulau yang berbeda

luasnya dan pada jarak yang berbeda-beda dari sebuah benua atau pulau yang besar. Penelitian itu antara lain dilakukan di pulau di lepas pantai benua Amerika dan di pulau di lepas pantai Papua New Guinea. Keterangan teori tersebut ialah sebagai berikut.

Jumlah jenis di suatu daerah ditentukan oleh kecepatan kepunahan jenis dan kecepatan imigrasi atau masuknya jenis ke dalam daerah tersebut. Kepunahan jenis mengurangi jumlah jenis. Proses ini terjadi terus-menerus, juga tanpa adanya campur tangan manusia, misalnya di pulau atau di hutan belantara yang tidak dihuni manusia. Kepunahan itu terjadi oleh, antara lain, persaingan antara jenis, iklim yang luar biasa dan bencana alam yang mematikan mahluk hidup dan merusak habitat jenis di daerah itu. Faktor penting yang menentukan kecepatan kepunahan jenis ialah kepadatan jenis, yaitu jumlah jenis per satuan luas. Makin tinggi kepadatan jenis, makin tinggi pula kecepatan kepunahan itu. Sebab makin tinggi kepadatan jenis, berarti makin kecil populasi masing-masing jenis. Artinya, jumlah individu per jenis kecil. Hal ini dapat ditunjukkan dengan perhitungan sederhana.

Misalkan, ada hutan seluas 100 ha. Jika dalam hutan itu ada 1.000 jenis pohon, setiap jenis rata-rata hanya mempunyai tempat 0,1 ha. Jika setiap pohon memerlukan tempat rata-rata $10m^2$, dalam hutan itu setiap jenis rata-rata diwakili oleh 100 individu pohon. Jadi dalam setiap hektar rata-rata hanya ada satu individu. Tetapi jika dalam hutan itu terdapat hanya 10 jenis pohon, setiap jenis rata-rata mempunyai tempat 10 ha. Dengan ukuran pohon 10 m^2, setiap jenis akan diwakili oleh 10.000 individu pohon atau 100 individu dalam setiap hektarnya.

Pengamatan di hutan kita menunjukkan, jumlah pohon jenis tertentu per hektar tidaklah banyak. Karena itu dalam hutan yang besar jumlah jenisnya, terdapat rata-rata jumlah individu yang rendah masing-masing jenis. Sebaliknya hutan di daerah iklim sedang, misalnya di Eropa dan Amerika Utara, jumlah jenisnya sedikit. Tetapi masing-masing jenis diwakili oleh banyak individu.

Hal yang serupa berlaku untuk fauna kita, terutama hewan besar. Jumlah badak, harimau, gajah, orang hutan dan tapir kita, misalnya, tidaklah besar. Mereka memerlukan daerah yang luas untuk hidupnya. Misalnya, di Taman Nasional Gunung Leuser di Aceh sukar untuk menemukan gajah, orang hutan atau harimau. Di Taman Nasional Ujung Kulon di Jawa Barat yang luasnya lebih dari 80.000 ha hanya terdapat kira-kira 50 ekor badak. Jadi rata-rata seekor badak per 1.600 hektar hutan.

Banyak jenis tumbuhan untuk perkembangbiakannya memerlukan penyerbukan silang. Artinya, untuk pembuahannya bunga pohon tersebut memerlukan serbuk sari dari bunga pohon lain. Serbuk sari itu dibawa oleh angin atau hewan, misalnya serangga. Untuk pohon semacam itu, kemungkinan pembuahan akan makin kecil, makin besar jarak antara pohon itu.

Untuk perkembang-biakannya hewan tentulah memerlukan pasangan jantan dan betina. Banyak jenis hewan hidupnya sendiri-sendiri. Pada waktu hewan betina siap untuk kawin, ia mengeluarkan hormon seks yang baunya menarik hewan jantan. Hal ini dapat kita lihat pada anjing dan kucing, misalnya. Tetapi bila jarak antara hewan betina dan jantan terlalu jauh, hormon itu tidak tercium oleh hewan jantan. Perkawinan pun tak terjadi. Jadi bila di suatu daerah jumlah hewan terlalu kecil, dan mereka tersebar luas di daerah itu, kemungkinan terjadinya perkawinan juga menurun.

Dengan adanya jumlah individu masing-masing jenis yang rendah, bahaya kepunahan suatu jenis adalah besar. Misalnya di Bali, walaupun masih ada hutan yang cukup luas, harimau Bali mungkin sekali telah punah. Di Jawa, harimau Jawa menurut laporan akhir mungkin telah punah pula atau paling banyak hanya tinggal 3—5 ekor saja di cagar alam Meru Betiri di Jawa Timur. Dengan jumlah sekecil itu kementakannya sangat kecil, atau bahkan tak ada lagi, harimau Jawa akan dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya, walaupun dengan penjagaan yang sangat efektif sekalipun. Uraian di atas menunjukkan pengelolaan hutan

kita tidak dapat didasarkan pada anggapan bahwa kita mempunyai kekayaan fauna dan flora yang besar, melainkan harus juga pada kerentanan fauna dan flora itu terhadap kepunahan.

Faktor lain yang mempengaruhi kerentanan kepunahan jenis ialah makin tinggi kepadatan jenis, makin besar terjadinya tumpang tindih relung berbagai jenis. Relung ialah peranan jenis dalam ekosistem, yaitu cara hidup dalam menggunakan sumberdaya yang ada. Relung dapat disamakan dengan profesi jenis dalam ekosistem. Tumpang tindih relung itu akan menyebabkan persaingan. Persaingan itu makin intensif, manakala tumpang tindih relung makin besar. Kenaikan intensitas persaingan akan memacu kecepatan kepunahan. Hal ini dapat diterangkan dengan contoh dalam kehidupan kita sehari-hari.

Di suatu daerah orang mendapatkan kehidupannya dengan melakukan profesi atau pekerjaan tertentu. Orang yang melakukan profesi yang sama dapatlah dianggap sebagai jenis dan profesi itu sebagai relung. Profesi yang satu dapat bertumpang tindih dengan profesi yang lain. Misalnya, penjual nasi, penjual bakso dan penjual roti, profesinya sebagian bertumpang tindih, karena ketiganya merupakan pedagang makanan. Antara ketiganya terdapat persaingan, tetapi tidak intensif karena tumpang tindih profesi itu tidak terlalu besar. Tumpang tindih antara profesi penjual nasi rames, penjual nasi soto dan penjual nasi pecel lebih besar dan persaingan antara mereka lebih intensif. Makin banyak jenis penjual nasi di daerah itu, jadi makin tinggi kepadatan jenis yang relungnya saling bertumpang tindih, makin besar kementakan matinya salah satu atau lebih usaha itu.

Kepadatan jenis adalah jumlah jenis per satuan luas. Karena itu dengan memperluas daerah, kepadatan jenis akan menurun. Dengan demikian di bawah kondisi yang sama, kecepatan kepunahan jenis akan lebih kecil di daerah yang luas dibanding dengan di daerah yang sempit.

Kepunahan di daerah tepi umumnya lebih besar daripada di tengah daerah tertentu, karena di daerah tepi itu penga-

ruh dari luar lebih besar dari di tengah. Hal ini terlihat dengan jelas di tepi hutan yang berbatasan dengann pemukiman. Karena itu, makin panjang garis batas suatu daerah, makin besar terjadinya kepunahan. Karena bentuk yang kompak dan teratur, misalnya lingkaran atau persegi empat, mempunyai garis keliling lebih kecil dari bentuk yang memanjang dan tak teratur, bentuk yang kompak dan teratur mempunyai kementakan mengandung keanekaan jenis yang lebih besar. Kepunahan yang lebih besar di tepi disebut *efek tepi.* Namun harus pula diingat, di daerah tepi terdapat jenis yang berbeda dari di daerah tengah. Dengan demikian tepi sedikit atau banyak juga menambah jumlah jenis.

Imigrasi jenis baru ke dalam suatu daerah akan mempertinggi jumlah jenis di daerah itu. Makin tinggi jumlah jenis di suatu daerah, makin kecil kementakannya suatu jenis yang datang merupakan jenis baru yang belum ada di daerah itu. Jenis yang baru itu dapat kita anggap datang dari suatu daerah yang merupakan sumber jenis. Makin dekat sumber jenis itu, makin banyak jenis yang dapat datang. Sebaliknya makin jauh sumber jenis, makin sedikit jenis yang dapat datang. Imigrasi dapat pula diperbesar, apabila ada jembatan antara daerah itu dengan sumber jenis. Jembatan itu dapat berupa hutan yang menghubungkan daerah itu dengan sumber jenis.

4.2. Teori bercak

Sebuah hutan tidaklah homogen. Di dalam hutan itu selalu ada tempat yang terbuka, misalnya karena pohon tumbang atau tanah longsor. Tempat yang terbuka itu merupakan bercak. Bercak itu ada yang kecil, ada pula yang besar. Bercak yang disebabkan oleh tumbangnya sebuah pohon adalah kecil. Yang disebabkan oleh tanah longsor lebih besar, bahkan dapat sangat besar. Bercak yang disebabkan oleh perladangan berpindah cukup luas.

Bercak di dalam hutan sangatlah dinamis. Setelah pohon tumbang, bercak lambat laun tertutup kembali. Di lain tempat ada pohon lain yang tumbang dan terjadilah bercak baru. Jadi, bercak itu berpindah-pindah.

Bercak mempunyai sifat yang berbeda dari keadaan hutan secara keseluruhan. Misalnya, lebih banyak cahaya matahari dapat sampai ke lantai hutan. Karena itu suhu tanah lebih tinggi. Karena bercak terbuka, kelembaban lebih rendah. Mikro-iklim yang berbeda di dalam bercak menciptakan mikrohabitat. Mikro-iklim dalam mikrohabitat berbeda-beda menurut besarnya bercak. Karena itu fauna dan flora yang hidup di bercak yang kecil juga berbeda dengan yang hidup di bercak yang besar. Dengan demikian bercak dapat memperkaya jumlah jenis dalam suatu hutan.

5. KEANEKAAN JENIS DI DAERAH YANG DIBUDIDAYAKAN

Jenis yang hidup di daerah yang dibudidayakan sebagian adalah jenis yang liar dan sebagian lagi jenis yang dibudidayakan. Jenis yang liar dapat merupakan jenis yang memang liar dan belum dibudidayakan, misalnya alang-alang dan teki yang terdapat di halaman rumah, pabrik dan pinggir jalan, padi liar di sawah dan burung di sawah, pekarangan, dan kebun. Dapat juga jenis liar itu merupakan jenis yang telah dibudidayakan, tetapi kemudian terlepas dari pengendalian kita dan menjadi liar. Beberapa contoh ialah eceng gondok dan kayambang yang semula dimasukkan ke Indonesia sebagai tanaman hias, dan kerbau yang menjadi liar di beberapa daerah. Banyak di antara jenis yang liar merupakan hama dan penyakit. Misalnya, wereng dan walang sangit adalah hama, eceng gondok dan alang-alang adalah gulma, dan nyamuk penyebar penyakit. Namun ada pula yang dapat dianggap berguna atau paling sedikit tidak mengganggu. Misalnya, burung madu yang menyerbuki banyak jenis bunga, burung hantu yang memakan tikus, kelelawar dan burung kapinis yang memakan serangga, dan lebah madu yang menyerbuki bunga dan memproduksi madu. Rumput yang tumbuh di tepi jalan juga berguna untuk mengurangi kesilauan jalan dan menahan erosi tebing jalan. Karena itu dalam batas tertentu mereka dapat kita tolerir. Tepi jalan itu umumnya mempunyai drainasi yang baik, sehingga merupakan habitat tumbuh dengan kadar air yang rendah. Untuk dapat tumbuh di tem-

pat itu rumput itu harus mempunyai ketahanan terhadap kekeringan. Sifat ini mempunyai potensi untuk dimanfaatkan, misalnya dalam program pemuliaan tanaman untuk mendapatkan varietas unggul tahan kekeringan.

Kehadiran jenis liar itu akan mempertinggi keanekaan jenis. Karena itu seyogyanya tumbuhan dan hewan liar itu tidak diberantas, melainkan di kendalikan. Mereka boleh ada, tetapi di bawah batas yang mengganggu. Perkecualian tentulah organisme yang membahayakan kehidupan kita, misalnya nyamuk malaria. Organisme itu kita usahakan untuk diberantas.

Di daerah yang telah dibudidayakan sudah barang tentu banyak jenis yang telah dibudidayakan. Tingkat kemajuan pembudidayaan itu berbeda dari satu tempat ke tempat yang lain dan berbeda pula dari jenis yang satu ke jenis yang lain. Misalnya, pembudidayaan padi telah maju di hampir semua tempat dibanding dengan tanaman lain. Beberapa jenis tanaman buah-buahan juga telah maju tingkat pembudidayaannya, terutama di sekitar kota besar. Misalnya, rambutan, sawo, salak dan duku, di sekitar Jakarta, mangga di Pasuruan , Jawa Timur, jeruk di sekitar Garut, dan salak di Bali. Di samping varietas unggul terdapat pula varietas yang masih liar atau setengah liar dari jenis yang telah dibudidayakan itu. Misalnya, kita dapatkan rambutan yang sangat masam dan tidak ngelotok, salak yang sepat, mangga yang kecil, masam dan berserat. Bermacam varietas yang liar atau setengah liar itu merupakan sumberdaya gen yang sangat kaya.

Daerah yang dibudidayakan tidaklah merupakan bentang alam yang homogen, melainkan merupakan suatu pola mosaik. Di dalamnya terdapat kampung dengan pekarangan, kebun dengan pohon-pohonan, kolam, sawah, tegalan, kuburan, sungai dan jalan. Pola itu sifatnya juga dinamis. Di dalam pekarangan dan kebun ada pohon yang ditebang atau mati, sawah ditanami, dipanen dan diberokan, tanaman dalam tegalan berubah-ubah, rumah lama dibongkar dan rumah baru dibangun. Karena itu, di dalam bentang alam hasil budidaya manusia terdapat pula dinamika ber-

cak. Dinamika bercak itu mempertinggi jumlah jenis di dalamnya. Diketahui, jumlah jenis tumbuhan dan hewan dalam pekarangan adalah besar. Dinamika bercak itu perlu diperhatikan dalam pengelolaan bentang alam hasil budidaya manusia, baik untuk mempertahankan keanekaan gen yang tinggi, maupun untuk keperluan lain, misalnya pengendalian hama.

6. EROSI GEN

Yang dimaksud dengan erosi gen ialah berkurangnya keanekaan gen. Erosi gen dapat terjadi oleh kepunahan jenis maupun oleh varietas jenis hewan dan tumbuhan tertentu. Sebab erosi gen ada bermacam-macam, antara lain yang penting ialah berkurangnya luas habitat, rusaknya habitat, eksploatasi yang berlebih, dan penggunaan teknologi yang tidak bijaksana.

Teori pulau biogeografi menunjukkan, makin sempit suatu daerah makin besar kecepatan kepunahan jenis dalam daerah itu. Jadi, berkurangnya luas habitat secara umum akan mengurangi jumlah jenis. Berkurangnya luas habitat telah banyak terjadi karena populasi manusia yang terus bertambah dan permintaan sumberdaya yang makin bertambah pula dalam jumlah dan macam. Sebagai akibatnya pemukiman makin luas. Demikian pula makin banyak lahan yang dipakai untuk pertanian, perkebunan, peternakan, pertambangan dan lain keperluan, sehingga luas hutan, padang rumput, pantai dan daerah yang tidak dibudidayakan makin sempit. Berkurangnya luas habitat sangat dirasakan oleh hewan yang besar yang memerlukan daerah yang luas untuk hidupnya. Misalnya, gajah memerlukan ruang hidup antara 250 sampai 500 hektar per ekornya. Jarak jelajah harimau dalam satu malam dapat sampai 100 km. Di Ujung Kulon nisbah luas taman nasional terhadap jumlah badak lebih dari 1.500. Artinya, untuk seekor badak tersedia hutan seluas 1.500 hektar, sudah barang tentu bersama hewan lain. Namun ada gejala, luas itu tidak mencukupi, walaupun bukti yang nyata belum ada.

Kepunahan juga dapat terjadi karena kerusakan habitat, walaupun luasnya tidak berkurang. Kerusakan itu banyak terjadi, misalnya, berubahnya hutan menjadi padang alang-alang. Akan tetapi kerusakan habitat tidak selalu mempunyai efek umum mengurangi jumlah jenis. Ada jenis yang punah, tetapi ada jenis lain yang justru dapat berkembang biak lebih baik. Misalnya, hutan sekunder yang dapat dianggap hutan yang telah mengalami kerusakan, adalah lebih baik untuk kehidupan gajah, rusa dan mungkin pula badak. Demikian pula ada jenis tumbuhan yang tumbuh lebih baik di hutan sekunder. Akan tetapi apabila kerusakan terlalu berat, umumnya jumlah total jenis akan berkurang.

Eksploatasi jenis tertentu dapat mengakibatkan kepunahan jenis itu. Hal ini terjadi apabila eksploatasi melampaui kemampuan jenis itu untuk memperbarui diri. Contoh yang terkenal ialah ikan paus. Banyak jenis ikan paus yang telah punah. Dan jenis yang masih ada menghadapi masa yang suram, jika eksploatasi tetap dilakukan pada tingkat intensitas seperti sekarang. Karena itu ada gerakan internasional yang sangat kuat untuk mengurangi perburuan ikan paus. Beberapa jenis ikan paus menurut persetujuan internasional malahan dilindungi dan tidak boleh diburu.

Eksploatasi berlebih yang menyebabkan kepunahan jenis dapat juga terjadi di negeri kita, misalnya pada kayu meranti dan ramin, rotan, rusa dan ikan laut.

Penggunaan teknologi yang tidak bijaksana dapat menyebabkan kepunahan banyak jenis. Misalnya, penggunaan insektisida dan herbisida yang berlebihan atau dengan cara yang salah dapat menyebabkan kepunahan jenis tertentu ikan, burung, serangga dan tumbuhan, karena zat itu bersifat racun. Pencemaran oleh industri dapat juga menyebabkan kepunahan jenis tertentu. Pembuatan bendungan dengan waduk yang luas mengandung pula risiko terjadinya erosi gen.

Erosi gen yang besar juga terjadi dalam pembangunan pertanian. Jenis tumbuhan yang kita gunakan sebagai sumber makanan kita makin berkurang dengan majunya kebudaya-

an kita. Diperkirakan dalam masa prasejarah kira-kira 1.500 jenis tumbuhan digunakan sebagai sumber makanan dan dalam masa kebudayaan kuno paling sedikit 500 jenis tumbuhan digunakan sebagai sayuran. Dalam masa modern sekarang 95% makanan kita berasal dari 30 jenis tanaman saja. Tiga jenis tanaman biji-bijian, yaitu padi, jagung, dan gandum, merupakan 75% konsumsi biji-bijian kita. Nampak dengan jelas makin berkurangnya keanekaan sumber makanan kita.

Varietas yang primitif sebenarnya merupakan campuran banyak galur. Karena itu sifatnya tidak homogen. Ini dapat terlihat, misalnya, pada pertanaman varietas padi lokal. Keanekaan gen dalam varietas yang primitif itu masih tinggi. Warna batang, banyak anakan, tinggi tanaman dan waktu berbunga, misalnya, tidak sama pada semua individu dalam pertanaman itu. Dengan makin majunya seleksi, keanekaan gen makin menurun. Pertanaman makin homogen. Varietas unggul yang modern praktis merupakan vitas. Tetapi di samping manfaat yang besar ini terdapat risiko terjadinya erosi gen. Varietas lokal makin terdesak oleh varietas unggul. Makin lama, makin sedikit varietas tanaman dan hewan yang dipelihara. Revolusi Hijau, misalnya, diketahui telah menyebabkan erosi gen dalam tanaman padi, jagung dan gandum.

Erosi gen dalam bentuk pertanaman yang terdiri satu varietas unggul yang ditanam dalam daerah yang luas menimbulkan banyak kesulitan. Kita telah mengalaminya dengan bencana hama wereng pada padi beberapa tahun yang lalu. Bahaya itu masih terus mengancam, sehingga kita harus terus waspada. Pertanaman kentang yang ditanam di Eropa sampai abad ke-19 hanyalah terdiri satu varietas saja. Pada akhir tahun 1840-an ,pertanaman itu dihancurkan oleh penyakit dan menyebabkan kelaparan yang sangat hebat di Irlandia. Diperkirakan paling sedikit dua juta orang telah meninggal dan dua juta orang telah meninggalkan negaranya untuk mencari kehidupan di tempat lain. Dalam tahun 1916 gandum di Amerika Serikat dan Kanada telah terserang hebat oleh penyakit, sehingga dalam tahun 1917 rak-

yat dihimbau tidak makan hasil gandum dalam dua hari setiap minggunya. Banyak contoh lain lagi dapat disebutkan yang menunjukkan, bahaya yang timbul dari erosi gen. Erosi gen bukanlah hal yang teoretis yang penting untuk para ilmuwan saja. Bahaya itu adalah riil untuk kehidupan kita sehari-hari. Jelaslah, pembangunan pertanian membawa banyak sekali manfaat. Tetapi risikonya pun tinggi. Syukurlah risiko itu telah mulai disadari dan banyak upaya sedang dilakukan untuk mengatasi masalah itu.

Sebab erosi gen seperti diuraikan di atas bukanlah daftar yang lengkap, melainkan sekedar sebagai contoh saja. Contoh itu menunjukkan, perlunya rencana pembangunan yang baik agar dapat mengurangi sebanyak-banyaknya risiko erosi gen. Bahkan harus diusahakan agar pembangunan dapat kita pakai untuk memperbesar keanekaan gen.

7. PENGELOLAAN KEANEKAAN GEN

Pengelolaan untuk mendapatkan keanekaan gen yang sebesar-besarnya dapat dilakukan dengan beberapa cara. Pertama, dengan melindungi daerah tertentu. Kedua, dengan kebun tumbuhan dan kebun binatang. Dan ketiga, dengan bank gen.

7.1. Daerah yang dilindungi

Daerah yang dilindungi yang umum dikenal ialah cagar alam. Di samping cagar alam dikenal pula hutan lindung, suaka margasatwa, hutan wisata, hutan buru dan taman laut. Hutan lindung hampir menyerupai cagar alam. Tujuan lebih pada fungsi hidro-orologi daripada melindungi keanekaan gen.

Suaka margasatwa merupakan daerah untuk melindungi satwa tertentu. Hutan wisata merupakan daerah yang dilindungi, tetapi mempunyai fungsi untuk pariwisata. Hutan buru diperuntukkan bagi perburuan. Taman laut dapat merupakan cagar alam, suaka margasatwa atau taman wisata.

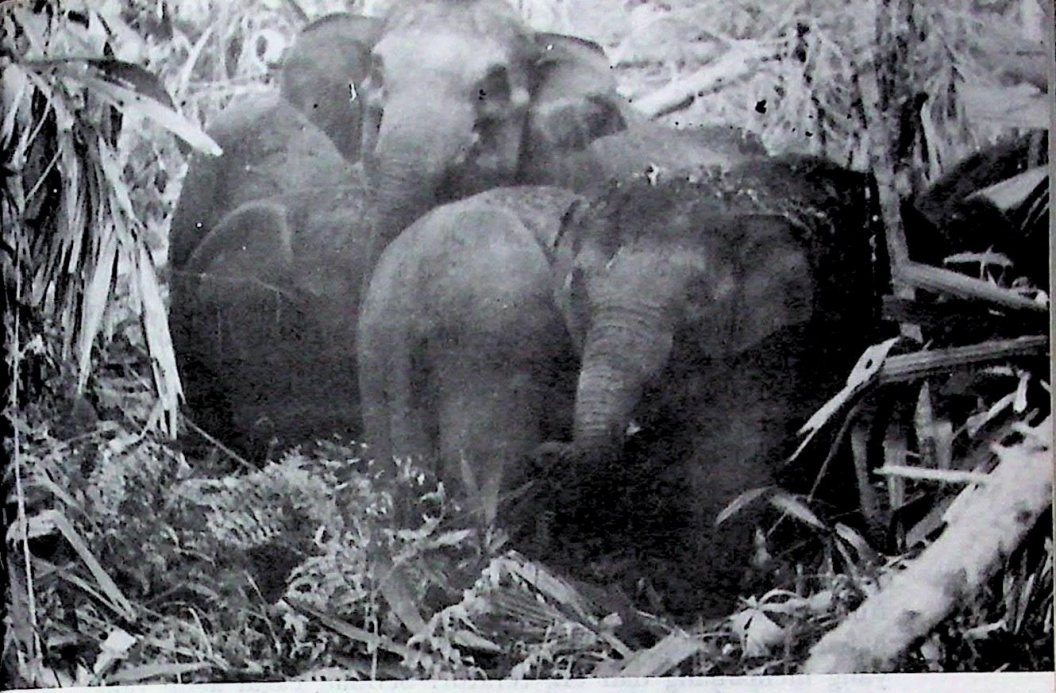
Konsep cagar alam sebenarnya bukan hal yang baru di Indonesia. Seorang pujangga besar kita, R.Ng. Ranggawarsita, dalam tahun 1863 menulis *Serat Wita Radya.* Dalam

pupuh XXX *tembang sinom, pada* 3, sampai dengan *pupuh* XXXIII *tembang dangdanggula, pada* 41, Ranggawarsita menceritakan tentang masalah gajah. Dalam cerita ini dikisahkan daerah Her Bangi di Sumatera mendapat gangguan gajah. Sawah, tegalan dan desa dirusak oleh gajah, sehingga penduduk harus mengungsi, karena mereka tidak dapat lagi menguasai gajah itu. Brahmana Raja Her Bangi, Resi Resya Srengga, minta bantuan kepada Sri Prabu Aji Pamasa, Maha Raja di Pengging Wita Radya. Permintaan bantuan ini disetujui dan dikirimkanlah bala bantuan dengan panglima Putra Mahkota Citrasoma dan Prabu Jayasusena, raja Matahun.

Tentara bantuan ini dapat menumpas kawanan gajah. Namun lalu datanglah gajah putih yang sakti yang memporak-porandakan tentara itu, sehingga harus dihadapi oleh panglima Putra Mahkota sendiri. Gajah putih itu dapat dibunuh oleh panglima dengan senjata sakti. Setelah mati, bangkai gajah putih itu lenyap dan turunlah Batara Gana, dewa gajah. Terjadilah tukar pendapat antara Batara Gana dan panglima Putra Mahkota Citrasoma. Pada pokoknya Batara Gana meminta agar direnungkan tentang kebenaran dan keadilan. Gajah telah merusak pemukiman dan pertanian karena terpaksa. Karena hutan telah ditebang oleh manusia untuk dijadikan tempat pemukiman dan pertanian, gajah kehabisan ruang gerak untuk mendapatkan makanan dan air, sehingga menjadi sakit dan ada yang mati. Karena itu benarkah dan adilkah gajah dihukum dan ditumpas?

Dari percakapan antara Batara Gana dan para panglima tercapailah persetujuan bahwa hutan di lereng-lereng gunung akan diperuntukkan bagi tempat kehidupan gajah dan tanah yang datar menjadi tempat sawah dan tegalan untuk manusia. Kedua daerah itu dipisahkan oleh garis pembatas yang disepakati bersama dengan sumpah untuk mentaatinya. Barangsiapa melanggar garis pembatas itu, baik manusia maupun gajah, berarti ia melanggar sumpah dan karena itu akan mendapat kutukan dewata.

Demikianlah ceritera gajah Ranggawarsita. Nampaklah dengan jelas Ranggawarsita telah memecahkan masalah



Gambar 5.2. Konsep cagar alam, khususnya untuk gajah, telah dicanangkan oleh pujangga R. Ng. Ranggawarsita dalam *Serat Wita Radya* yang ditulisnya dalam tahun 1863. Konsep ini dikemukakan 9 tahun sebelum didirikannya Yellowstone National Park dalam tahun 1872 yang dianggap sebagai tonggak sejarah dalam pencagaralaman.

Foto: Pikiran Rakyat

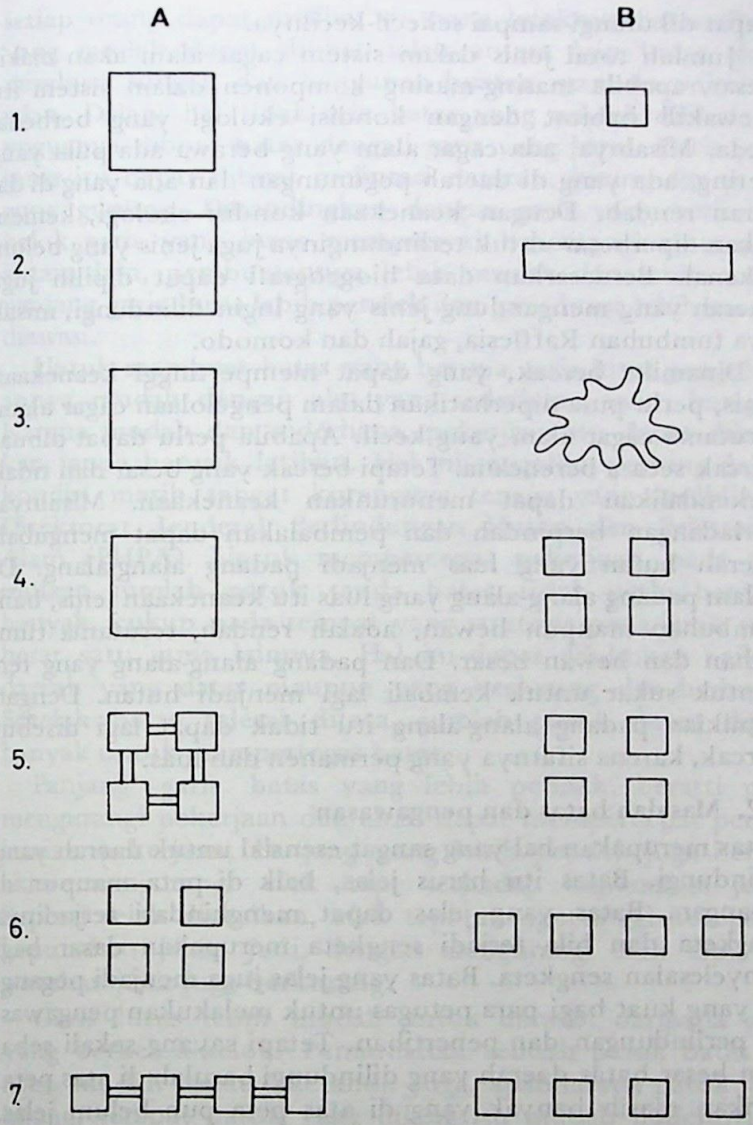
gajah itu dengan sangat bijaksana. Apa yang diajarkan oleh Ranggawarsita itu pada hakekatnya ialah suatu pemecahan masalah etis, yaitu baik manusia maupun gajah sebagai mahluk ciptaan Tuhan mempunyai hak hidup. Keduanya dapat hidup bersama dengan menyisihkan sebagian hutan untuk gajah, yaitu di bagian yang berlereng, sedangkan bagian yang rata dapat digunakan untuk pertanian. Jadi sebenarnya Ranggawarsita telah mencanangkan ide cagar alam. Dan ini tertulis dalam tahun 1863, yaitu 120 tahun yang lalu. Padahal cagar alam yang pertama di dunia, yaitu Yellowstone National Park di Amerika Serikat, yang dianggap sebagai tonggak sejarah dalam pencagaralaman, barulah didirikan dalam tahun 1872. Jadi gagasan Ranggawarsita adalah 9 tahun lebih awal. Karena itu wajarlah kita bangga atas

ide orisinal pujangga besar itu. Dan dengan kebanggaan itu wajiblah pula kita untuk melaksanakan ide dan amanat yang tersimpul dalam ide tersebut. Tidak saja untuk gajah, melainkan untuk seluruh fauna dan flora kita, bahkan seluruh lingkungan hidup kita (Gambar 5.2).

Berdasarkan teori pulau biogeografi suatu cagar alam yang terdapat di tengah-tengah daerah yang telah diubah oleh manusia menjadi tempat pertanian, industri dan pemukiman, dapat pula dianggap sebagai suatu pulau. Makin luas cagar alam itu, makin banyak jenis yang terdapat di dalamnya. Hutan belantara yang luas yang belum terganggu oleh manusia, dapatlah dianggap sebagai sumber jenis. Makin dekat cagar alam itu pada hutan belantara yang luas, makin tinggi pula jumlah jenis dalam cagar alam.

Kecuali luas, bentuk cagar alam juga mempunyai pengaruh terhadap jumlah jenis. Bentuk yang kompak dan teratur dapat mendukung jumlah jenis yang lebih tinggi dari bentuk yang memanjang dan tak teratur. Sebuah cagar alam yang besar lebih baik dari beberapa cagar alam yang kecil dengan jumlah luas yang sama, karena panjang keliling lebih pendek. Apabila cagar alam terpaksa kecil-kecil, letak yang kompak lebih baik dari letak yang berjauhan atau linier. Lebih baik lagi, apabila cagar alam yang kecil-kecil itu dihubungkan satu sama lain dengan koridor yang bekerja sebagai jembatan untuk migrasi jenis dari tempat yang satu ke tempat yang lain (Gambar 5.3).

Berdasarkan atas uraian itu dapatlah kita merancang suatu sistem cagar alam yang terdiri atas beberapa cagar alam besar dan sejumlah cagar alam yang kecil. Cagar alam yang luas berfungsi sebagai sumber jenis dan habitat untuk hewan yang besar yang memerlukan ruang yang luas, misalnya gajah, harimau dan badak. Cagar alam yang lebih kecil terletak pada jarak yang tidak terlalu jauh dari cagar alam yang besar. Cagar alam yang kecil itu sedapat-dapatnya dihubungkan satu sama lain dan dengan cagar alam yang besar oleh hutan yang berfungsi sebagai jembatan untuk migrasi dari cagar alam yang besar ke cagar alam yang kecil. Dengan rancangan yang baik, konflik dengan kepentingan manusia



Gambar 5.3. Rancangan cagar alam berdasar teori pulau biogeografi. Kecuali pada no. 1, luas cagar alam pada A sama dengan pada B. Rancangan cagar alam A lebih barik daripada rancangan B.

dapat dikurangi sampai sekecil-kecilnya.

Jumlah total jenis dalam sistem cagar alam akan makin besar, apabila masing-masing komponen dalam sistem itu mewakili habitat dengan kondisi ekologi yang berbeda-beda. Misalnya, ada cagar alam yang berawa ada pula yang kering, ada yang di daerah pegunungan dan ada yang di dataran rendah. Dengan keanekaan kondisi ekologi, kementakan diperbesar untuk terlindunginya juga jenis yang belum dikenal. Berdasarkan data biogeografi dapat dipilih juga daerah yang mengandung jenis yang ingin dilindungi, misalnya tumbuhan Rafflesia, gajah dan komodo.

Dinamika bercak, yang dapat mempertinggi keanekaan jenis, perlu pula diperhatikan dalam pengelolaan cagar alam, terutama cagar alam yang kecil. Apabila perlu dapat dibuat bercak secara berencana. Tetapi bercak yang besar dan tidak terkendalikan dapat menurunkan keanekaan. Misalnya, perladangan berpindah dan pembalakan dapat mengubah daerah hutan yang luas menjadi padang alang-alang. Di dalam padang alang-alang yang luas itu keanekaan jenis, baik tumbuhan maupun hewan, adalah rendah, terutama tumbuhan dan hewan besar. Dan padang alang-alang yang terbentuk sukar untuk kembali lagi menjadi hutan. Dengan demikian padang alang-alang itu tidak dapat lagi disebut bercak, karena sifatnya yang permanen dan luas.

7.2. Masalah batas dan pengawasan

Batas merupakan hal yang sangat esensial untuk daerah yang dilindungi. Batas itu harus jelas, baik di peta maupun di lapangan. Batas yang jelas dapat menghindari terjadinya sengketa dan bila terjadi sengketa merupakan dasar bagi penyelesaian sengketa. Batas yang jelas juga menjadi pegangan yang kuat bagi para petugas untuk melakukan pengawasan perlindungan dan penertiban. Tetapi sayang sekali sebagian besar batas daerah yang dilindungi barulah di atas peta. Bahkan masih banyak yang di atas peta pun belum jelas. Di lapangan sebagian besar batas belum ditentukan dan diberi tanda.

Batas seyogyanya mudah dilihat di lapangan, sehingga

setiap orang dapat melihat di mana letaknya batas. Batas yang mudah dapat dilihat ialah antara lain batas alam, misalnya sungai, dan bangunan buatan manusia, misalnya jalan. Dalam hal tidak ada batas yang mudah dilihat, seyogyanya dibuat batas dengan garis yang lurus. Garis yang lurus itu dapat dibuat melintasi dataran, jurang dan punggung gunung. Dibandingkan dengan garis yang berkelok-kelok garis yang lurus mempunyai beberapa keuntungan, antara lain, pembuatannya lebih mudah dan lebih cepat, panjang garis lurus lebih pendek dan garis lurus lebih mudah diawasi.

Untuk membuat batas yang berupa garis lurus pengukurannya mudah dengan alat yang sederhana, yaitu kompas. Karena mudah dan sederhana, pekerjaan itu dapat dilakukan tanpa banyak latihan. Hal ini sangatlah penting dalam kondisi masih sangat kurangnya tenaga yang terdidik di Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam (PHPA). Untuk mempercepat pekerjaan, pada permulaan jumlah patok tanda batas tidak perlu banyak-banyak, cukup pada tempat yang strategis pada jarak yang besar satu sama lainnya. Hal ini dapat dilakukan baik di daerah yang datar maupun yang berjurang dan berbukit. Setelah batas selesai ditata, jumlah patok dapat diperbanyak untuk mempertegas batas.

Panjang garis batas yang lebih pendek, berarti pula mengurangi pekerjaan dan akan dapat mempercepat penyelesaian pekerjaan. Panjang yang lebih pendek juga berarti akan mengurangi efek tepi terhadap kepunahan jenis. Seperti telah diuraikan, efek tepi mempertinggi kecepatan kepunahan jenis. Jadi, dengan mengurangi efek tepi, kepunahan jenis juga berkurang.

Garis lurus lebih mudah untuk diawasi daripada garis yang berkelok-kelok. Pemindahan sebuah patok batas dengan mudah dapat diketahui. Juga, apabila ada patok yang hilang, tempat patok yang hilang itu mudah diidentifikasi kembali. Dengan hilangnya patok itu, garis batas mudah direkonstruksi lagi.

Batas dengan garis yang lurus mudah pula untuk diawasi dengan penginderaan jauh, baik dengan potret udara maupun dengan citra satelit. Karena skalanya yang kecil, citra satelit berguna bagi pengawasan secara makro, yaitu pada tingkat nasional dan propinsi. Keuntungan besar ialah citra satelit dapat dibuat secara berulang menurut jangka waktu yang kita kehendaki, misalnya setiap tahun, 6 bulan, 3 bulan atau lebih pendek, dengan biaya yang kecil. Hanya penutupan awan yang menjadi kendala. Tetapi kementakan besar, setiap tahun dapat dibuat beberapa kali citra satelit yang bersih dan jelas dari setiap daerah yang kita ingini. Dengan adanya citra satelit berulang selang waktu tertentu, dinamika gangguan sepanjang tapal batas — dan juga di dalam daerah yang dilindungi — dapat dipantau. Dari pemantauan ini dapat diidentifikasi daerah yang rawan atau kritis.

Potret udara digunakan untuk pemantauan secara selektif daerah yang rawan dan kritis yang telah diidentifikasi. Dengan demikian penggunaan pesawat udara dan dana dapat lebih efektif. Potret udara yang berskala besar dapat digunakan untuk keperluan operasional.

Pemantauan dengan teknik penginderaan jauh citra satelit dan potret udara membuka kesempatan untuk penggunaan personil yang masih sangat terbatas jumlahnya secara efisien dan efektif. Para petugas dapat dimobilisasi dari tempat yang satu ke tempat yang lain, berdasarkan informasi yang didapatkan dari penginderaan jauh itu. Perkembangan penanggulangan kerawanan dapat juga dipantau di kantor pusat.

Keuntungan lain pengawasan dengan penginderaan jauh ialah adanya data visual yang dapat diinterpretasikan secara kuantitatif dan objektif. Subjektivitas dan kuantifikasi secara perkiraan dapat dikurangi sampai sekecil-kecilnya.

Teknik penginderaan jauh tidaklah sulit. Alat yang dipakai dapat yang sederhana maupun yang mutakhir. Pada permulaan dapat digunakan alat yang sederhana, misalnya interpretasi citra satelit secara visual. Setelah ada pengalaman, dapat digunakan alat yang mutakhir, misalnya kom-

puter, sehingga alat itu dapat digunakan secara efisien.

Pembuatan batas dengan garis lurus sudah barang tentu ada juga masalahnya. Masalah yang terpenting ialah akan adanya daerah yang dilindungi yang menjadi terletak di luar daerah itu dan sebaliknya ada lahan penduduk, desa dan instansi lain yang masuk ke dalam daerah yang dilindungi. Masalah antar-instansi, misalnya antara Direktorat Jenderal PHPA dan Dinas Kehutanan, akan lebih mudah untuk diatasi daripada masalah dengan penduduk dan desa. Tetapi penyelesaian masalah tata batas melalui pendekatan batas garis lurus memberi kemungkinan yang lebih besar daripada penyelesian garis batas yang berkelok-kelok yang sekarang ada.

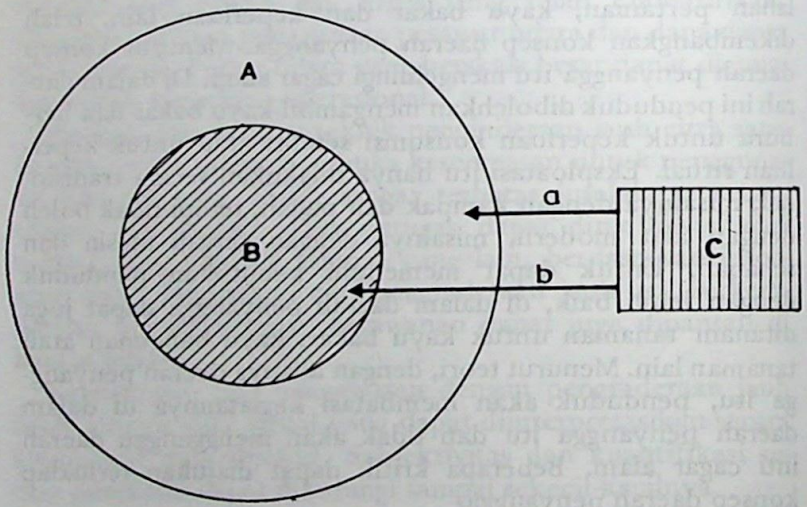
7.3. Daerah penyangga

Untuk mengatasi masalah tekanan dari luar terhadap cagar alam, terutama tekanan penduduk untuk mendapatkan lahan pertanian, kayu bakar dan keperluan lain, telah dikembangkan konsep daerah penyangga. Menurut konsep daerah penyangga itu mengelilingi cagar alam. Di dalam daerah ini penduduk dibolehkan mengambil kayu bakar dan berburu untuk keperluan konsumsi sendiri atau untuk keperluan ritual. Eksploatasi itu hanya dilakukan secara tradisional, misalnya dengan kampak dan panah, tetapi tidak boleh dengan alat modern, misalnya dengan gergaji mesin dan senapan. Untuk dapat memenuhi kebutuhan penduduk dengan lebih baik, di dalam daerah penyangga dapat juga ditanam tanaman untuk kayu bakar, kayu bangunan atau tanaman lain. Menurut teori, dengan adanya daerah penyangga itu, penduduk akan membatasi kegiatannya di dalam daerah penyangga itu dan tidak akan mengganggu daerah inti cagar alam. Beberapa kritik dapat diajukan terhadap konsep daerah penyangga.

Konsep itu mendasarkan diri pada asumsi, penduduk di sekitar cagar alam itu dalam keadaan statis. Asumsi ini tidaklah benar. Penduduk itu terus berkembang. Jumlahnya bertambah terus. Karena itu kebutuhannya juga terus bertambah. Seandainya pada mulanya kebutuhan mereka

dapat terpenuhi oleh daerah penyangga, lambat laun daerah penyangga itu tidak lagi mencukupi. Mereka lalu masuk ke dalam daerah inti cagar alam dan terjadilah kerusakan di dalam daerah ini.

Perkembangan juga terjadi dalam kebudayaan penduduk itu. Misalnya, mereka semula mengambil kayu dan memburu hewan untuk keperluan sendiri. Dengan adanya kontak dengan orang dari daerah lain, sistem ekonomi pasar mulai berkembang juga. Mereka mulai belajar bahwa kayu dan rotan, dan hewan tertentu dapat dijual. Misalnya, semula bulu burung cenderawasih hanya bernilai untuk upacara. Tetapi kemudian bulu itu mendapatkan nilai komersial. Dengan berkembangnya sistem ekonomi pasar, motivasi untuk mendapatkan keuntungan yang makin besar berkembang juga. Mereka belajar juga menggunakan teknologi yang lebih maju, antara lain, gergaji mesin dan se-



Gambar 5.4. Daerah penyangga (A) yang mengelilingi daerah inti cagar alam (B) berfungsi untuk melindungi daerah inti terhadap tekanan penduduk yang bermukim di dekat cagar alam (C). Dengan naiknya tekanan penduduk karena bertambahnya jumlah penduduk, tekanan pada daerah penyangga (a) lama kelamaan akan menembus sampai ke daerah inti (b).

napan. Kombinasi antara motivasi mendapatkan keuntungan yang besar dan teknologi maju, merupakan ancaman yang sangat besar terhadap cagar alam.

Berdasarkan pertimbangan di atas, daerah penyangga tidak dapat memecahkan masalah tekanan penduduk. Pemecahan masalah lebih baik dicari melalui pembangunan daerah penduduk dan pengembangan cagar alam yang memberi manfaat kepada penduduk. Pembangunan daerah penduduk itu ditujukan kepada mengurangi tekanan penduduk terhadap cagar alam dengan memberikan mereka kesempatan untuk dapat mendapatkan tingkat hidup yang layak. Untuk dapat mendukung kepadatan penduduk yang makin meningkat, cepat atau lambat harus dikembangkan perindustrian dengan menggunakan energi non-kayu, misalnya listrik, batubara dan BBM.

7.4. Pengembangan daerah yang dilindungi

Tujuan daerah yang dilindungi adalah untuk pencagaralaman. Oleh karena itu pengembangan daerah yang dilindungi tidak boleh berlawanan dengan tujuan itu. Pengembangan yang tidak bertentangan dengan tujuan itu ialah penggunaan daerah itu untuk penelitian dan pendidikan. Pengembangan pariwisata dapat juga diatur, agar tidak berlawanan dengan tujuan pencagaralaman. Jenis pembangunan yang lain, misalnya eksploatasi tumbuhan dan hewan, dan pertambangan, tidaklah sesuai dengan tujuan daerah itu untuk pencagaralaman. Pembangunan itu secara langsung menyebabkan kerusakan pada fauna, flora dan bentang alam. Kecuali itu juga akan mendorong terjadinya pemukiman dan pembangunan jalan raya.

Daerah yang dilindungi dan dikembangkan, sifatnya menjadi taman nasional. Untuk menghindari konflik antara tujuan pencagaralaman dan pengembangan taman nasional, dapatlah taman itu dibagi dalam beberapa daerah. Daerah 1 diperuntukkan bagi pariwisata yang intensif. Daerah 2 untuk pariwisata yang terbatas, serta penelitian dan pendidikan yang intensif. Di daerah ini dapat dilakukan penelitian yang merusak, misalnya menebang pohon dan menangkap

hewan untuk koleksi. Daerah 3 merupakan daerah yang terbatas, yang dilindungi dengan ketat dan orang hanya boleh masuk dengan izin khusus. Daerah ini dapat dipakai untuk penelitian dan pendidikan yang tidak merusak.

Di daerah 1 dapat dibangun tempat untuk rekreasi, museum dan tempat penerangan. Tetapi seyogyanya hotel, toko dan restoran dibangun di luar taman nasional. Pembangunan hotel, toko dan restoran itu diperuntukkan bagi penduduk di sekitar daerah itu, sehingga mereka mendapat manfaat dari taman itu. Dengan ini penduduk merasa mempunyai kewajiban untuk ikut melindungi taman itu, karena kehidupan mereka tergantung dari daerah itu. Hotel, toko dan restoran itu dengan memberikan lapangan pekerjaan akan mengurangi tekanan penduduk. Pembangunan fasilitas pariwisata di luar taman, juga akan mengurangi risiko kerusakan daerah oleh fasilitas itu.

Daerah 1 ditempatkan di dekat tempat yang menarik wisatawan, misalnya pemandangan yang indah, kesempatan untuk melihat margasatwa dan untuk olah raga, antara lain olah raga air berenang, berlayar dan ski air. Sebagian besar wisatawan akan datang di daerah 1 ini dan dalam kegiatannya akan membatasi diri di dalam daerah ini. Hanya sebagian kecil saja yang berminat untuk masuk ke daerah 2.

Pengelolaan daerah 1 harus memperhatikan dayadukung lingkungan untuk menerima pariwisata. Misalnya, di daerah yang kering dengan curah hujan yang rendah jumlah wisatawan harus dibatasi, agar tidak terjadi persaingan dalam mendapatkan air antara wisatawan dan margasatwa. Juga, karena di daerah yang kering itu kerusakan pada fauna dan flora sukar untuk pulih lagi. Dayadukung yang rendah juga terdapat pada ekosistem pulau yang kecil, daerah pegunungan tinggi dan taman laut. Karena itu, misalnya, jumlah wisatawan di Taman Nasional Komodo tidak boleh besar. Taman Nasional ini terdiri atas pulau yang kecil-kecil. Yang relatif besar adalah Pulau Komodo (34.000 hektar), Pulau Rinca (19.500 hektar) dan Pulau Padar (2.000 hektar). Iklimnya kering. Apabila jumlah wisatawan melampaui dayadukung, dapat dipastikan akan terjadi kerusakan yang

tak terbalikkan. Kerusakan ini mengancam kelangsungan hidup hewan komodo yang menjadi dayatarik utama Taman Nasional itu. Dengan punahnya komodo dan kerusakan lingkungan, pariwisata itu juga tidak dapat berlangsung terus. Kecuali itu, kepunahan komodo akan merupakan kerugian besar, karena tidak ada lagi di lain tempat di dunia. Kita akan digugat oleh anak-cucu kita dan dikecam oleh dunia internasional.

Taman Nasional Gunung Gede – Pangrango adalah contoh pengembangan yang telah melampaui atau mendekati batas dayadukung. Kerusakan oleh wisatawan di dalam Taman Nasional hampir tak terkendalikan lagi. Apalagi, di daerah puncak gunung dayadukungnya rendah, karena suhu yang rendah, tanah yang tidak subur dan kegiatan volkanis. Pembangunan perumahan peristirahatan di daerah dekat Taman Nasional juga memperbesar tekanan penduduk. Sebab kebutuhan kayu bakar dan kayu bangunan naik dan lahan pertanian menyusut, sedangkan lapangan pekerjaan yang terciptakan, yang dapat mendukung tingkat kehidupan yang layak, tidaklah banyak.

Jalan besar di dalam taman nasional seyogyanya dibatasi pada yang betul-betul perlu saja untuk menghindari terjadinya pencemaran. Untuk menghindari pencemaran dan kemacetan lalu lintas, seawal mungkin harus direncanakan sistem transpor umum dan membatasi atau melarang transpor dengan kendaraan sendiri. Sebaiknya adalah jalan setapak untuk jalan, bersepeda, naik kuda dan jalan kecil untuk bersepeda. Jalan juga dibatasi di daerah yang benar-benar dapat diawasi. Hal ini untuk menghindari terjadinya pemukiman dan perladangan liar yang tidak terkendalikan. Misalnya, hampir di sepanjang jalan raya baru antara Kutacane dan Blangkejeren yang melewati Taman Nasional Gunung Leuser di Aceh telah terjadi pemukiman dan pertanian. Taman Nasional itu praktis telah terbelah menjadi dua. Dengan pembelahan ini garis batas Taman Nasional dengan dunia luar menjadi lebih panjang, sehingga tekanan dari luar dan efek tepi terhadap kepunahan juga makin besar.

Jalan di Taman Nasional Gunung Leuser sebenarnya bukan jalan yang diperlukan oleh taman nasional itu, melainkan dalam rangka pembangunan ekonomi daerah. Dalam hal demikian sebenarnya dapat dicari alternatif lain yang dampak negatifnya lebih kecil. Misalnya, sebuah jalan kereta api akan dapat memenuhi fungsi perhubungan, tetapi tidak akan terjadi pembangunan pemukiman di sepanjang jalan. Dengan dibangunnya jalan kereta api itu taman nasional tidak perlu menjadi penghambat pembangunan wilayah.

Di daerah 2 fasilitas yang dibangun hanyalah minimal. Tidak ada kesempatan untuk transpor bermotor, melainkan hanya untuk jalan kaki dan kuda. Sepeda mungkin masih dapat. Penginapan hanyalah dengan berkemah dengan peraturan dan pengawasan yang ketat, agar tidak merusak lingkungan, misalnya dengan menebang kayu untuk memasak. Walaupun penelitian dan pendidikan dapat dilakukan dengan cara yang merusak, tetapi kegiatan itu harus diawasi dengan baik agar perusakan hanya seminimal mungkin dan dibatasi pada hal yang benar-benar perlu.

Jumlah pengunjung di daerah 2 akan lebih sedikit dari daerah 1. Umumnya, terdiri atas remaja sekolah dan mahasiswa, serta para peneliti. Walaupun jumlah pengunjung sedikit, tetapi jumlah petugas relatif akan banyak. Nisbah antara jumlah petugas terhadap jumlah pengunjung di daerah 2 akan lebih besar daripada di daerah 1. Sebab di daerah 1 penerangan dan pengawasan dapat dilakukan secara masal untuk kelompok yang besar. Tetapi di daerah 2 lebih bersifat individual dan kelompok kecil. Karena itu dari segi ekonomi daerah 2 tidak menguntungkan. Namun perlu untuk dikembangkan juga, karena pendidikan dan penelitian merupakan tugas penting dalam pencagaralaman.

Daerah 3 merupakan daerah yang dijaga untuk sesedikit mungkin mengalami gangguan. Sedapat mungkin keadaan asli alamiah dapat dipertahankan. Keadaan asli alamiah itu diperlukan sebagai acuan ekosistem yang diwakilinya. Dengan adanya acuan itu dapat diukur atau diperkirakan perubahan apa yang terjadi dalam ekosistem yang serupa

sebagai akibat kegiatan tertentu, misalnya perubahan keanekaan jenis, jaring-jaring makanan, dan kecepatan erosi. Untuk dapat mencapai itu jumlah pengunjung harus dibatasi, yaitu hanya pada peneliti dan orang lain dengan izin khusus. Penelitian yang diizinkan hanyalah yang bersifat tidak merusak.

Di cagar alam yang kecil, yang banyak terdapat di Indonesia, pembagian daerah semacam itu sering tidak dapat dijalankan. Dalam hal ini masing-masing cagar alam tidak perlu dipaksa untuk mempunyai ketiga jenis daerah, melainkan masing-masing dikembangkan sesuai dengan potensi yang ada. Ada yang sangat terbuka dan digunakan secara intensif untuk pariwisata dan pendidikan. Fungsinya adalah seperti daerah 1. Ada yang setengah tertutup dengan beban pariwisata yang ringan, tetapi lebih banyak untuk pendidikan dan penelitian. Ia memenuhi fungsi sebagai daerah 2. Ada lagi yang tertutup, kecuali dengan izin khusus, sehingga berfungsi sebagai daerah 3. Sebagai keseluruhan kompleks cagar alam di wilayah itu saling mengisi dan merupakan satu kesatuan sistem.

Uraian di atas menunjukkan pencagaralaman dapat direncanakan untuk menjadi pendukung pembangunan dan bukannya penghambat pembangunan.

7.5. Kebun raya dan kebun binatang

Kebun raya dan kebun binatang merupakan koleksi hidup, berturut-turut, tumbuhan dan hewan. Kebun raya dan kebun binatang bukan merupakan hal yang baru bagi Indonesia. Tetapi tidak banyak orang yang mengetahui fungsinya, kecuali sebagai tempat rekreasi. Sebenarnya fungsi utamanya adalah untuk menyimpan jenis dalam keadaan hidup. Koleksi hidup itu sewaktu-waktu dapat kita gunakan (Gambar 7.5).

Kebun raya ada dua macam. Yang pertama ialah untuk koleksi tumbuhan yang tidak mempunyai nilai ekonomi. Tujuan utamanya ialah ilmiah. Bahwa kemudian lalu ada yang bernilai ekonomi, merupakan hasil tambahan. Kebun raya untuk tumbuhan yang non-ekonomi inilah yang kita



Gambar 5.5. Koleksi palma di Kebun Raya Bogor. Kebun Raya merupakan tempat menyimpan jenis tumbuhan. Dari waktu ke waktu ditemukan jenis yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Kelapa sawit di perkebunan kita berasal dari kelapa sawit yang ditanam di Kebun Raya. *Foto: Otto Soemarwoto*

kenal di Bogor. Salah satu cabang Kebun Raya Bogor yang baik ialah di Cibodas, kira-kira 30 km sebelah selatan Bogor di kaki Gunung Gede – Pangrango.

Sebenarnya di Bogor ada juga kebun raya lain untuk tumbuhan ekonomi, yaitu yang ada di ujung Jalan Merdeka. Kebun raya ini tidak banyak dikenal oleh khalayak ramai. Koleksinya pun sudah mundur, karena banyak lahan telah digunakan untuk pembangunan gedung.

Di Pasar Minggu, Jakarta, dulu ada juga koleksi yang sangat baik untuk tanaman hortikultura, terutama buah-buahan. Tetapi sekarang koleksi itu praktis telah habis, karena lahannya juga dipakai untuk gedung dan keperluan lain. Di Jawa Timur ada koleksi yang baik tanaman mangga.

Kebun binatang juga berfungsi sebagai koleksi jenis. Salah satunya ialah untuk menangkarkan jenis yang hampir punah di alam. Misalnya, Oryx, sejenis kijang yang hidup di gurun pasir Saudi Arabia, sedang diusahakan untuk diselamatkan dengan cara ini. Beberapa ekor yang telah ditangkarkan dalam kebun binatang telah dilepaskan kembali di alam. Jenis yang sedang diusahakan dengan cara yang sama ialah gaur dan panda.

Teknik yang paling mutakhir digunakan dalam penangkaran di kebun binatang ialah, antara lain, dengan teknik "bayi tabung". Kiranya patut dipertimbangkan untuk menggunakan teknik ini pada harimau Jawa yang tinggal beberapa ekor saja.

Di beberapa negara juga ada koleksi jasad renik, misalnya Rhizobium yang merupakan bakteri penambat nitrogen. Perusahaan obat-obatan yang besar juga mempunyai koleksi jasad renik yang memproduksi antibiotika.

Contoh koleksi tanaman ekonomi di Bogor dan Pasar Minggu menunjukkan, kita belum dapat menghargai koleksi sumberdaya gen. Kesadaran pentingnya koleksi itu perlu kita tumbuhkan.

7.6. Bank gen

Bank gen adalah cara lain untuk menjaga keanekaan genetis. Gen itu terdapat dalam biji yang disimpan di bawah kondisi yang baik untuk memelihara daya berkecambahnya dalam waktu yang panjang. IRRI, misalnya, telah menyimpan lebih dari 68.000 galur padi. Direncanakan dalam tahun 1987 koleksi itu akan mencakup seluruh galur padi, yaitu sekitar 120.000 galur. Akhir-akhir ini gen disimpan juga dalam bentuk jaringan. Jaringan itu dipelihara dalam tabung yang berisi makanan untuk pertumbuhan jaringan itu di bawah kondisi suci hama dan kondisi lingkungan lain yang

diatur. Dengan cara tertentu dari jaringan itu dapat ditumbuhkan tanaman baru.

Pada hewan, gen disimpan dalam bentuk sperma, yaitu sel kelamin jantan. Sperma itu dibekukan dan dalam bentuk beku dapat disimpan untuk waktu panjang. Teknik ini telah menimbulkan masalah etis karena telah diterapkan pula pada sperma manusia. Misalnya, di Amerika Serikat ada sebuah badan yang menyimpan sperma orang pemenang hadiah Nobel. Seorang wanita yang menurut badan itu memenuhi syarat tingkat kepandaian tertentu, dapat minta sperma itu untuk membuahi sel telurnya. Wanita itu akan mengandung bayi hasil pembuahan sel telurnya dengan sperma seorang pemenang hadiah Nobel. Harapannya ialah untuk mendapatkan anak yang pandai yang kelak mungkin akan memenangkan pula hadiah Nobel. Anak itu bukanlah anak yang lahir dari perkawinan sah menurut hukum agama. Sebab pemenang hadiah Nobel yang memberikan spermanya itu bukan suami wanita tersebut. Pemberi sperma itu juga dirahasiakan.

Teknologi genetis bahkan membawa masalah etis yang lebih berat dari itu. Pada katak, orang telah berhasil mengambil inti sel dari sel badan. Dalam inti itu terdapat susunan genetis yang lengkap katak tersebut. Inti sel itu kemudian dimasukkan ke dalam sel telur katak yang telah dibuahi, tetapi kemudian intinya dibuang. Sel telur dengan inti yang baru, tumbuh menjadi duplikat katak yang menjadi donor inti sel badan tersebut. Apabila dapat dilakukan pada katak, di kemudian hari akan dapat juga dilakukan pada manusia. Berarti kita akan dapat membuat duplikat orang yang diingini, misalnya, seorang pemenang hadiah Nobel, jenderal yang brilyan dan diplomat yang ulung. Dalam garis besarnya caranya ialah sebagai berikut. Jaringan tubuh diambil dari orang yang dikehendaki sebagi donor inti, baik wanita maupun laki-laki. Jaringan disimpan dalam bank gen. Inti sel dari jaringan tubuh diambil dan dimasukkan ke dalam sel telur yang telah dibuahi dan intinya kemudian dibuang. Sel telur itu didapatkan dari seorang wanita. Sel telur dengan inti baru dimasukkan ke dalam kandungan seorang wanita. Bayi

yang lahir akan menjadi duplikat orang yang menjadi donor inti.

Karena jaringan mengandung banyak sel, dari jaringan donor dapat dibuat duplikat bayi yang banyak. Sel dari jaringan donor juga dapat diperbanyak. Penyimpanan jaringan dalam bank dapat berlangsung lama, sehingga bayi duplikat dapat dibuat lama setelah si donor meninggal.

Dapat juga seorang meninggal, misalnya karena kecelakaan. Ia seorang yang masih muda dan sehat, sehingga sel tubuhnya juga muda dan sehat. Setelah ia dinyatakan secara klinis meninggal, segera diambil jaringan dari tubuhnya yang selnya masih hidup. Dari jaringan ini dapat diambil inti selnya untuk membuat bayi duplikat orang yang telah meninggal itu. Seolah-olah orang itu dilahirkan kembali.

Impian yang mengerikan? Bukan, melainkan kenyataan mengerikan yang dapat terjadi tidak jauh di hari depan. Masalah etis itu harus kita hadapi sekarang dan kita carikan pemecahannya atau pencegahannya *sebelum* masalah itu menjadi kenyataan. Terlambatlah kita, apabila masalah itu *telah* menjadi kenyataan.

7.7. Penguasaan sumberdaya gen

Pengelolaan keanekaan gen memerlukan biaya. Cagar alam dan taman nasional memerlukan lahan yang luas. Ada yang beberapa puluh ribu hektar, bahkan Taman Nasional Gunung Leuser lebih dari 700.000 ha. Dengan bertambahnya jumlah penduduk dan perkembangan ekonomi, kebutuhan lahan untuk bermacam keperluan makin meningkat, misalnya untuk pertanian, pemukiman, transmigrasi, pertambangan dan industri. Karena itu persaingan untuk mendapat lahan untuk macam-macam keperluan juga bertambah. Dengan ini biaya untuk mempertahankan lahan yang luas untuk cagar alam dan taman nasional juga bertambah.

Kebun binatang dan kebun raya memerlukan juga lahan yang cukup luas. Kebun Raya Bogor luasnya kira-kira 80 ha dan Kebun Raya Cibodas 60 ha. Di samping itu diperlukan laboratorium dan gedung-gedung lain. Kebun binatang dan kebun raya memerlukan juga biaya perawatan yang tinggi.

Apalagi kebun binatang, yang setiap harinya harus mengeluarkan ongkos untuk makanan hewan yang dipelihara.

Bank gen memerlukan fasilitas laboratorium dan tempat penyimpanan yang mahal. Gaji untuk para ilmuwannya juga tinggi.

Daftar biaya seperti disebutkan di atas tidaklah lengkap. Namun cukup untuk memberikan gambaran, pengelolaan keanekaan gen tidaklah murah. Karena itu, negara yang sedang berkembang kurang mampu untuk melakukannya. Sebab tekanan untuk memenuhi kebutuhan dasar masih sangat mendesak, seperti misalnya untuk pangan. Di samping itu kesadaran tentang pentingnya sumberdaya gen juga belum kuat. Dengan demikian aktivitas negara yang sedang berkembang dalam pencagaralaman, khususnya pengelolaan keanekaan gen, sangat ketinggalan dibanding dengan negara yang telah maju. Ada bahaya sumberdaya gen makin lama makin terpusatkan di dalam kekuasaan negara yang telah maju. Sementara itu negara yang sedang berkembang makin menjadi miskin dalam kekayaan sumberdaya gen, karena kerusakan habitat dan makin homogennya varietas unggul yang ditanam. Varietas lokal yang terdesak oleh varietas unggul pindah ke bank gen regional atau ke bank gen nasional atau swasta di negara yang telah maju. Beberapa contoh.

Menurut laporan Badan Pertanian Sedunia (FAO) perusahaan United Brands memiliki dua pertiga sumberdaya gen dunia yang disimpannya di dalam ruang dingin. FAO juga melaporkan, di dalam tahun 1970 Kementerian Pertanian Amerika Serikat memiliki material sumberdaya gen gandum dari 27 negara. Dari 27 negara ini hanya 3 tidak termasuk dalam negara yang sedang berkembang. Bank gen di Amerika Serikat menyimpan varietas gandum dalam jumlah yang lebih besar dari koleksi dalam 16 negara dari 27 negara tersebut di atas. Empat belas negara yang sedang berkembang tidak mempunyai koleksi varietas gandum mereka sendiri. Afganistan, Mesir dan Korea telah mengalami erosi gen dalam gandum mereka dan menemukan varietas gandum mereka yang hilang, kini disimpan di Amerika Serikat. Varietas

lokal padi kita sebagian besar tidak lagi ada dalam koleksi kita dan telah pindah ke International Rice Research Institute (IRRI) di Los Baños, Filipina.

Rusia juga mempunyai koleksi yang sangat ekstensif. Di Yugoslavia sebuah bank gen mempunyai koleksi 100.000 varietas jagung.

Penguasaan sumberdaya gen membawa pula konsekuensi kekuasaan ekonomi dan politik. Negara yang sedang berkembang mulai tergantung pada negara yang telah maju. Misalnya, Kenya dalam program pengawetan lahan telah mengimpor rumput dan kacang-kacangan dari Australia dengan biaya yang mahal. Padahal rumput dan kacang-kacangan itu dikembangkan oleh Australia dari bahan yang berasal dari Kenya. Demikian pula Libya harus membeli biji tanaman makanan ternak dari Australia yang semula dari Libya sendiri. Padahal bahan didapatkan Australia dari Libya tanpa bayaran.

Perusahaan swasta menjaga dengan ketat koleksi mereka dan dengan demikian menguasai varietas unggul yang dikembangkan dari koleksi yang mereka kuasai. Mereka dapat menjual varietas unggul itu dengan harga yang tinggi. Misalnya, kita harus membeli sperma sapi unggul.

Dalam keadaan perang dan hubungan politik yang kurang baik, pihak yang menguasai sumberdaya gen tentulah pada pihak yang kuat. Dengan demikian sumberdaya gen itu dapat juga digunakan sebagai senjata politik, terutama bila itu merupakan jenis yang bersifat strategis. Di kalangan para ahli sumberdaya gen memang ada kekhawatiran dan kecurigaan tentang adanya usaha yang sistematis oleh negara yang telah maju untuk menguasai sumberdaya gen. Dalih negara maju tentu untuk menyelamatkan sumberdaya itu. Masalahnya bukanlah menolak kerjasama regional dan internasional. Kerjasama itu mutlak diperlukan. Tetapi harus ada jaminan dan pengaturan yang baik agar negara yang sedang berkembang tidak jatuh dalam kekuasaan negara yang telah maju.

Masalah lain ialah bank gen itu sebenarnya amat rentan. Kerusakan listrik yang menghentikan alat pendingin dan kebakaran, misalnya, dapat memusnahkan atau merusak

koleksi itu. Apabila ini terjadi pada koleksi utama, misalnya pada koleksi padi di IRRI, akibatnya akan sangat fatal. Kelangsungan hidup IRRI, juga tergantung pada sumbangan dari negara maju. Jika ada perang besar dan sumbangan itu terputus, koleksi padi itu juga menghadapi bahaya yang besar. Karena kerentanan bank gen, sebenarnya penyimpanan sumberdaya genetis yang terbaik adalah di dalam alam. Di dalam alam sumberdaya itu juga mengalami evolusi terus. Tetapi di dalam alam pun bahaya tetap ada.

Kita memang menghadapi dilema yang pelik. Pada satu pihak kita dihadapkan pada kebutuhan masa kini yang mendesak. Pikiran dan modal kita tumpahkan pada pemecahan masalah ini. Pada lain pihak sumberdaya genetis kita, yang menjadi tumpuan hidup kita di hari depan, mengalami erosi dan mengalir ke luar negeri. Masalah ini haruslah kita sadari dan kita carikan pemecahannya, apabila kita menginginkan pembangunan berkelanjutan. Pemecahan masalah itu tidak mudah. Karena tidak mudah dan sifat masalahnya sangat mendasar, kita harus mencurahkan pikiran yang banyak padanya.

8. SALING KETERGANTUNGAN GLOBAL

Dengan tidak kita sadari kita telah banyak mendapat manfaat dari sumberdaya hayati yang berasal dari segala penjuru dunia. Misalnya, jagung, ubi jalar, tomat, lombok, jambu biji, dan panili kita dapatkan dari Amerika Tengah; kentang, pepaya, tembakau, ubi kayu, kacang tanah, nanas, coklat, kina dan karet dari Amerika Selatan; kol, bawang putih, bit, asparagus, radis dan selada dari daerah Laut Tengah; semangka, sorgum, kopi dan kelapa sawit dari Afrika; kedele, pak coi, jeruk, teh dan kemiri dari Cina; padi, terong, talas, ketimun, mangga dan merica dari daerah Indo-Birma. Jadi beras yang merupakan makanan pokok kita dan kedele yang menjadi bahan baku tempe dan tahu yang sangat populer di Indonesia, bukanlah tanaman asli Indonesia. Demikian pula kalau kita makan gado-gado, sayurannya dan bahan sambalnya adalah tanaman yang berasal dari luar negeri.

Berjuta orang hidup dari pertanaman karet, kopi, kelapa sawit, coklat, panili dan tembakau yang merupakan tanaman "non-pribumi". Sebaliknya nangka, keluwih, tebu dan kelapa yang berasal dari Asia Tenggara telah menyebar ke daerah yang amat luas di bumi ini. Ayam yang kini diternakkan di semua negeri berasal juga dari Asia Tenggara.

Kentang merupakan salah satu makanan pokok orang Eropa. Orang Itali gemar sekali tomat untuk spageti dan pizanya. Semua orang di dunia meminum teh dan kopi. Karet alam merupakan bagian utama ban mobil. Tebu telah menjadi tanaman perkebunan yang penting di Kuba dan Hawaii. Tak ada sebuah negeri pun yang hidup hanya dari sumberdaya hayati asli negeri yang bersangkutan.

Penyebaran jenis dari satu tempat ke tempat lain masih terus berjalan. Jadi ada saling ketergantungan yang sifatnya global. Karena adanya saling ketergantungan ini seyogyanyalah semua bangsa saling bekerjasama untuk mencagar sumberdaya hayatinya. Pencagaran itu dapat lebih sukses, jika negara maju yang mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk memanfaatkan jenis baru tidak tamak dan mau berbagi keuntungan dengan negara yang teknologinya masih terbelakang.

BAB VI

EKOLOGI PEMBANGUNAN

1. PENDAHULUAN

Pembangunan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh lingkungan hidup. Interaksi antara pembangunan dan lingkungan hidup membentuk sistem ekologi yang disebut ekosistem. Ilmu yang mempelajari interaksi antara pembangunan dan lingkungan hidup disebut ekologi pembangunan. Manusia, baik sebagai subyek maupun obyek pembangunan, merupakan bagian ekosistem. Pandangan holistis inilah yang dipakai dalam ekologi pembangunan.

Pembangunan bertujuan untuk menaikkan tingkat hidup dan kesejahteraan rakyat. Dapat pula dikatakan pembangunan bertujuan untuk menaikkan mutu hidup rakyat. Karena mutu hidup dapat diartikan sebagai derajat dipenuhinya kebutuhan dasar, pembangunan dapat diartikan sebagai usaha untuk memenuhi kebutuhan dasar rakyat dengan lebih baik. Kebutuhan dasar merupakan kebutuhan yang esensial untuk kehidupan kita. Ia terdiri atas tiga bagian, yaitu kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup hayati, kebutuhan dasar untuk kelangsungan hidup yang manusiawi dan derajat kebebasan untuk memilih. Banyak penelitian menunjukkan, banyak jenis kebutuhan dasar untuk banyak anggota masyarakat kita masih belum terpenuhi dengan baik. Misalnya pangan, air bersih, pendidikan, pekerjaan, dan rumah masih belum dapat tersedia dengan cukup, walaupun sudah banyak perbaikan sejak pembangunan dilancarkan lebih dari 30 tahun yang lalu. Dengan masih belum terpenuhinya kebutuhan dasar itu, mutu lingkungan hidup banyak rakyat masih belum baik. Karena itu pembangunan masih harus diteruskan.

Dalam usaha memperbaiki mutu hidup, harus dijaga agar kemampuan lingkungan untuk mendukung kehidupan pada tingkat yang lebih tinggi tidak menjadi rusak. Sebab kalau kerusakan terjadi, bukannya perbaikan mutu hidup yang akan dicapai, melainkan justru kemerosotan. Bahkan bila kerusakan terlalu parah, dapatlah terjadi kepunahan kehidupan kita sendiri. Atau paling sedikit ekosistem tempat kita hidup dapat mengalami keambrukan yang akan mengakibatkan banyak kesulitan. Pembangunan demikian bersifat tidak berkelanjutan.

2. MANFAAT DAN RISIKO LINGKUNGAN DALAM PEMBANGUNAN

Pembangunan tidak saja menghasilkan manfaat, melainkan juga membawa risiko. Kita dapat melihatnya di sekitar kita. Sungai kita bendung. Dengan bendungan itu kita dapatkan manfaat listrik, bertambahnya air pengairan dan terkendalinya banjir. Risikonya ialah tergenangnya kampung dan sawah, tergusurnya penduduk, dan kepunahan jenis tumbuhan dan hewan. Kayu dalam hutan kita tebang. Devisa dalam jumlah besar kita dapatkan dari ekspor kayu. Sebaliknya kita menghadapi risiko kepunahan hewan dan tumbuhan, bertambahnya erosi, rusaknya tata-air dan tejadinya padang alang-alang. Batubara kita manfaatkan untuk membangkitkan tenaga listrik. Dengan itu kita mendapatkan risiko pencemaran udara oleh debu, jelaga dan gas SO_2. Transpor kita tambah. Hubungan dari satu tempat ke tempat lain menjadi mudah. Tetapi risikonya ialah pencemaran udara dan kebisingan, serta kecelakaan lalu lintas. Daftar 6.1. memberikan contoh manfaat dan risiko lingkungan bendungan dan waduk yang terbentuk oleh bendungan itu. Para pembaca dapat menambahkan banyak contoh lagi. Selalu kita mendapatkan manfaat pada satu pihak dan risiko pada lain pihak. Pasangan manfaat dan risiko tidak terpisahkan. Pada dasarnya pelaksanaan pembangunan selalu bersifat dilema. Pandangan kita terhadap dilema ini suka berlainan. Pada umumnya para pelaksana proyek pembangunan lebih melihat manfaatnya dan mengentengkan

Daftar 6.1. Contoh manfaat dan risiko lingkungan bendungan dan waduk yang terbentuk oleh bendungan itu

Manfaat lingkungan dan akibatnya	Risiko lingkungan dan akibatnya
1. Penampungan dan peninggian muka air: pembangkitan tenaga listrik untuk penerangan dan industri, pemacuan proses modernisasi dan pendidikan, kenaikan kegiatan ekonomi, penciptaan lapangan pekerjaan baru. 2. Penampungan air: *a.* pengendalian banjir: penurunan kerugian harta benda dan korban manusia *b.* penyediaan air minum *c.* penyediaan air pengairan: kenaikan produksi pertanian, kenaikan persediaan bahan pangan, kenaikan kegiatan perdagangan, penciptaan lapangan pekerjaan *d.* penyediaan air untuk pembersihan kota: kenaikan sanitasi lingkungan, penurunan korban penyakit *e.* pengembangan pariwisata: kenaikan persediaan pangan, kenaikan kegiatan ekonomi, penciptaan lapangan pekerjaan *f.* pengembangan pariwisata; pelayanan rekreasi, kenaikan kegiatan ekonomi, penciptaan lapangan pekerjaan.	1. Penggenangan: *a.* Desa: pemindahan penduduk dan kesedihan penduduk yang terkena *b.* Daerah pertanian: penurunan produksi pertanian, penurunan persediaan pangan, penurunan kegiatan ekonomi, kehilangan lapangan pekerjaan, penurunan tingkat kesehatan. *c.* Jalan: gangguan perhubungan, kerusakan sistem pasar, kehilangan lapangan pekerjaan, penurunan tingkat kesehatan. *d.* Peninggalan arkeologis, misalnya candi: pemusnahan warisan budaya dan monumen sejarah. *e.* Hutan: kepunahan flora dan fauna, erosi sumberdaya gen, kehilangan bahan pendidikan dan ilmu pengetahuan, penyempitan kesempatan untuk pembangunan. 2. Perkembangan gulma air: penurunan daya tampung waduk dan potensi perikanan serta pariwisata.

risikonya, karena mereka terdesak oleh urgensi sasaran dan tekanan faktor politik. Sebaliknya media massa dan para cendekiawan sering dapat melihat risiko yang tidak terlihat oleh orang awam dan pelaksana pembangunan. Mereka bersifat lebih berhati-hati, karena tidak merasakan adanya urgensi sasaran dan desakan faktor politik. Betapapun, baik manfaat maupun risiko harus kita perhitungkan secara berimbang. Risiko kita terima sebagai biaya manfaat yang kita ambil. Hanya memperhatikan manfaatnya saja dapat membahayakan lingkungan. Sebaliknya hanya memperhatikan risikonya atau terlalu membesar-besarkan risikonya akan membuat kita menjadi takut untuk berbuat. Baik memperhatikan manfaat saja atau sebaliknya memperhatikan risiko saja akan menimbulkan pertentangan. Tetapi dengan tidak berbuat sesuatu pun akan ada orang yang setuju dan tidak setuju. Dan apabila kita tidak berbuat sesuatu, jadi menghentikan pembangunan, kita akan terlanda oleh risiko lingkungan, sehingga mutu hidup kita akan terus merosot. Karena itu, keputusan untuk membangun harus diambil. Masalahnya bukanlah membangun atau tidak membangun, melainkan bagaimana membangun agar sekaligus mutu lingkungan — dan dengan demikian mutu hidup — dapat terus ditingkatkan. Pembangunan itu berwawasan lingkungan. Analisis Manfaat dan Risiko Lingkungan merupakan alat untuk pembangunan yang berwawasan lingkungan.

3. PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

Faktor lingkungan yang diperlukan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan ialah *i)* terpeliharanya proses ekologi yang esensial, *ii)* tersedianya sumberdaya yang cukup, dan *iii)* lingkungan sosial-budaya dan ekonomi yang sesuai. Ketiga faktor itu tidak saja mengalami dampak dari pembangunan, melainkan juga mempunyai dampak terhadap pembangunan. Karena itu untuk terlanjutkannya pembangunan tidak cukup untuk melakukan Analisis. Dampak Lingkungan (ADL) yang hanya berlaku untuk perencanaan proyek pembangunan. Pengelolaan lingkungan untuk pembangunan ha-

rus didasarkan pada konsepsi yang lebih luas. Konsepsi itu harus mencakup dampak lingkungan terhadap proyek, pengelolaan lingkungan proyek yang sudah operasional dan perencanaan dini pengelolaan lingkungan untuk daerah yang mempunyai potensi besar untuk pembangunan, tetapi belum mempunyai rencana pembangunan.

Pembangunan berkelanjutan didefinisikan oleh Komisi Sedunia untuk Lingkungan dan Pembangunan sebagai pembangunan yang memenuhi kebutuhan kita sekarang tanpa mengurangi kemampuan generasi yang akan datang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Laporan komisi itu diumumkan pada tahun 1987 dan berjudul Hari Depan Kita Bersama *(Our Common Future)*. Komisi diketuai oleh Gro Brundtland, perdana menteri Norwegia. Definisi itu mempunyai wawasan jangka panjang antar generasi. Syarat untuk dapat tercapainya pembangunan berkelanjutan tidak hanya fisik saja, yaitu tidak terjadinya kerusakan pada ekosistem tempat kita hidup, melainkan juga harus adanya pemerataan hasil dan biaya pembangunan yang adil antar-negara dan antar-kelompok di dalam sebuah negara. Ini berarti bahwa kesenjangan sosial-ekonomi yang sekarang ada antara negara maju dan negara sedang berkembang serta kesenjangan antara kelompok masyarakat kaya dan masyarakat miskin di masing-masing negara harus dikurangi. Pemerataan itu tidak hanya terjadi di dalam satu generasi, melainkan juga antar-generasi.

Dalam Konperensi PBB tentang Lingkungan dan Pembangunan (UNCED) di Rio de Janeiro, Brasil, dalam tahun 1992 pembangunan berkelanjutan menjadi tema pokok. Konperensi tersebut menghasilkan program kerja PBB untuk pembangunan berkelanjutan yang diberi nama Agenda 21.

3.1. Proses ekologi

Di dalam alam terdapat proses ekologi yang menjadi penopang kehidupan kita. Rusaknya proses ekologi itu akan membahayakan kehidupan di bumi kita. Energi untuk proses ekologi itu didapatkan dari matahari. Di bawah diuraikan beberapa proses yang terpenting.

a. Efek rumah kaca

Dalam sinar matahari tesimpan energi. Pada waktu sinar matahari mengenai permukaan tanah, permukaan tanah itu menjadi panas. Energi sinar matahari itu sebagian telah berubah menjadi panas. Panas itu dipancarkan kembali ke atmosfer sebagai gelombang panas, yaitu sinar infra-merah. Di dalam atmosfer terdapat berjenis molekul gas yang dapat menyerap gelombang infra-merah. Karena penyerapan gelombang panas itu suhu atmosfer bumi naik. Kenaikan suhu itu disebut efek rumah kaca (ERK). Gas-gas dalam atmosfer yang menyerap gelombang panas disebut gas rumah kaca (GRK). Jadi ERK tidak disebabkan oleh adanya gedung-gedung tinggi yang dindingnya terdiri dari jendela-jendela kaca, melainkan oleh GRK dalam atmosfer yang menyerap gelombang panas. Istilah ini memang berasal dari pengalaman para petani di daerah iklim sedang yang menanam sayuran di dalam rumah kaca untuk melindungi sayuran itu dari suhu dingin. Pada waktu siang hari dan cuaca cerah, suhu di dalam rumah kaca itu lebih tinggi daripada di luar rumah kaca, walaupun alat pemanas di dalam rumah kaca dimatikan. Kenaikan suhu itu disebabkan oleh tertahannya gelombang panas oleh kaca rumah kaca sehingga tidak dapat lepas ke udara.

ERK berguna bagi mahluk hidup di bumi. Seandainya tidak ada GRK, jadi tidak ada ERK, suhu di bumi rata-rata hanya akan $-18^{\circ}C$. Suhu ini terlalu rendah bagi sebagian besar mahluk hidup, termasuk manusia. Tetapi dengan adanya ERK suhu rata-rata di bumi menjadi $33^{\circ}C$ lebih tinggi, yaitu $15^{\circ}C$. Suhu ini sesuai bagi kehidupan mahluk hidup.

GRK terpenting ialah $C0_2$ yang berasal dari pernafasan serta pembusukan dan pembakaran bahan organik. $C0_2$ bersama dengan air merupakan bahan baku untuk fotosintesis. Hasil fotosintesis digunakan oleh tumbuhan untuk menyusun tubuhnya. Tubuh tumbuhan, baik yang hidup maupun yang mati yang jatuh di tanah, disebut biomassa. Biomassa sebagian besar terdiri atas karbon (C).

Biomassa yang mati sebagian tidak mengalami pembusukan. Di daerah rawa biomassa berubah menjadi gambut.

Sebagian lagi mengalami proses fosilisasi dan menjadi batu bara, minyak bumi dan gas alam. Dalam waktu ratusan juta tahun jumlah karbon yang terikat dalam biomassa hidup, biomassa yang mati dan biomassa yang mengalami fosilisasi mencapai jumlah yang sangat besar. Biomassa itu merupakan tempat penyimpanan karbon dan disebut rosot karbon *(carbon sink).* Salah satu rosot karbon yang penting ialah hutan.

Pada mulanya kadar $C0_2$ dalam atmosfer bumi adalah tinggi. Intensitas ERK pun tinggi sehingga suhu bumi adalah tinggi. Dengan adanya rosot karbon kadar $C0_2$ dalam atmosfer turun. Intensitas ERK pun menurun menjadi seperti kita kenal sekarang. Karena hutan merupakan rosot karbon yang penting, hutan merupakan salah satu pengatur ERK.

Tetapi dengan pertumbuhan jumlah penduduk banyak hutan yang ditebang dan diubah menjadi ladang pertanian dan peternakan serta tempat pemukiman. Industri pun berkembang. Pada mulanya kayu merupakan bahan bakar yang penting untuk keperluan rumah tangga dan industri. Proses penebangan hutan mula-mula terjadi di Eropa. Bangsa Eropa memerlukan pula banyak kapal untuk mencari sumberdaya baru di daerah yang kemudian mereka jadikan daerah jajahannya. Galangan kapal juga memerlukan kayu dan menjadi salah satu sebab menyusutnya luas hutan. Di daerah jajahannya para penjajah menebang pula banyak hutan untuk membangun perkebunan dan menanam pangan untuk penduduk lokal yang mereka gunakan sebagai tenaga kerja.

Sejak kira-kira 200 tahun yang lalu penebangan hutan besar-besaran menyusul di Amerika Utara dengan bermigrasinya orang Eropa ke Amerika Utara untuk pembangunan pemukiman, pertanian, kawasan industri dan juga pembalakan komersial.

Setelah Perang Dunia II penebangan hutan banyak terjadi di daerah tropik yang banyak disebabkan juga oleh pertumbuhan penduduk. Sebab lain ialah pembangunan di daerah yang berhutan, misalnya untuk pembangunan perkebunan dan peternakan, dan pembalakan (logging) untuk keperluan komersial.

Dengan menyusutnya luas hutan, kapasitas rosot karbon

pun menurun. Karbon yang terikat dalam biomassa terlepas dari rosot dalam bentuk $C0_2$ dan masuk ke dalam atmosfer sehingga kadar $C0_2$ dalam atmosfer naik. Kenaikan kadar $C0_2$ dipercepat dengan berkembangnya teknologi yang menggunakan bahan biomassa fosil, yaitu batubara, minyak bumi dan gas alam, sebagai bahan bakar. Dengan naiknya kadar $C0_2$ dalam atmosfer kita menghadapi bahaya terjadinya kenaikan intensitas ERK sehingga suhu permukaan bumi akan naik. Inilah yang disebut pemanasan global.

Bahaya terjadinya pemanasan global diperbesar dengan naiknya gas rumah kaca yang lain, terutama klorofluokarbon (KFK). KFK merupakan zat sintetik yang dibuat oleh manusia untuk keperluan industri.

Dampak pemanasan global ialah berubahnya iklim, yaitu perubahan curah hujan serta naiknya intensitas dan frekuensi badai. Permukaan laut akan naik, sebagian karena memuainya air laut pada suhu yang lebih tinggi sehingga volumenya naik, sebagian lagi karena melelehnya es abadi di pegunungan tinggi dan di daerah kutub. Dengan berubahnya iklim pertanian juga akan terpengaruh oleh pemanasan global.

Pemanasan global ada juga dampak positifnya, antara lain, meluasnya daerah pertanian ke daerah yang lebih dingin, misalnya di Amerika Utara, dan dipacunya pertumbuhan tanaman oleh naiknya kadar $C0_2$. Tetapi walaupun pemanasan global mempunyai juga dampak positif, secara keseluruhan dampak pemanasan global akan mempunyai dampak negatif terhadap kesejahteraan manusia.

b. Fotosintesis

Fotosintesis merupakan proses esensial untuk menjaga kelangsungan hidup di bumi. Fotosintesis terutama dilakukan oleh tumbuhan hijau. Dalam proses ini energi matahari diubah menajdi energi kimia yang terkandung dalam bahan organik tumbuhan. Energi inilah yang dipakai untuk kehidupan mahluk hidup lain yang tidak dapat melakukan fotosintesis, antara lain manusia, hewan dan jasad renik.

Seperti telah diuraikan di muka salah satu peranan ekologi fotosintesis yang penting ialah terbentuknya rosot karbon.

Fotosintesis juga menghasilkan gas oksigen (O_2). Gas oksigen adalah esensial untuk pernafasan banyak sekali jenis mahluk hidup, termasuk manusia. Tanpa oksigen, dalam waktu yang singkat manusia akan mati.

Kehidupan di dalam air juga ditopang oleh fotosintesis. Fotosintesis itu dilakukan oleh plankton, yaitu tumbuhan bersel satu yang melayang dalam air. Plankton merupakan makanan ikan dan penghasil oksigen.

Dari oksigen di dalam atmosfer terbentuk gas ozon. Gas ozon yang terdapat dalam lapisan udara yang tinggi, melindungi bumi dari sinar matahari yang bergelombang pendek, antara lain sinar ultra violet. Sinar ultra violet sangat berbahaya bagi mahluk hidup. Karena itu rusaknya lapisan ozon akan menyebabkan kepunahan kehidupan di bumi. Yang tinggal hanyalah mereka yang hidup di air dalam, karena terlindung dari sinar ultra violet oleh lapisan air yang cukup tebal. Inilah kehidupan di bumi sebelum ada fotosintesis, kira-kira 4 milyar tahun yang lalu.

Mengingat pentingnya fotosintesis, kita harus menjaga agar dalam proses pembangunan tetap cukup terdapat tumbuhan hijau, antara lain hutan, semak belukar dan padang rumput.

c. Penambatan nitrogen

Nitrogen (N) merupakan unsur yang esensial untuk kehidupan mahluk hidup. Udara mengandung kira-kira 80% nitrogen. Tetapi gas nitrogen yang banyak itu tidak berguna bagi manusia dan sebagian besar mahluk hidup yang lain. Untunglah di bumi terdapat mahluk hidup yang dapat menambat nitrogen udara. Mahluk hidup itu sebagian hidupnya bebas. sebagian hidup bersimbiosis dengan mahluk hidup lain.

Mahluk hidup penambat nitrogen udara yang hidup bebas berupa bakteri dan ganggang biru-hijau. Contoh bakteri ialah *Azotobacter* dan contoh ganggang *Anabaena.* Ada yang hidup di tanah kering dan ada pula di tanah yang basah. Di sawah, misalnya, penambatan nitrogen udara

dapat mencapai 80 kg N per hektar per musim. Jumlah ini setara dengan 175 kg urea, suatu jumlah yang cukup besar.

Energi untuk penambatan itu didapatkan dari bahan organik yang terdapat dalam lingkungan mahluk hidup itu melalui proses metabolisme.

Golongan mahluk hidup penambat nitrogen udara yang lain ialah yang hidup bersimbiosis dengan mahluk hidup lain. Hidup bersimbiosis artinya hidup bersama yang saling menguntungkan. Yang terkenal ialah bakteri rhizobium yang hidup dalam bintil akar tumbuhan kacang-kacangan. Bakteri itu mendapatkan makanannya dari tumbuhan kacang-kacangan yang berfotosintesis. Sebagian energi dalam makanan itu digunakan untuk menambat nitrogen udara. Nitrogen udara itu sebagian bermanfaat bagi tumbuhan kacang-kacangan.

Simbiosis terdapat pula antara ganggang biru-hijau dengan paku-pakuan air yang disebut *Azolla*. Ganggang itu terdapat di dalam daun *Azolla*.

Tumbuhan kacang-kacangan dan *Azolla* dapat digunakan sebagai pupuk hijau. Pupuk hijau tidak saja berguna untuk kandungan nitrogennya, melainkan juga bermanfaat untuk memperbaiki struktur tanah. Beberapa contoh tumbuhan kacang-kacangan ialah lamtoro, kaliandra dan orok-orok *(Crotalaria juncea)*.

Penambatan nitrogen udara memegang peranan penting dalam menjaga kesuburan tanah dan perairan. Tanpa mahluk hidup penambat nitrogen udara, hutan dan padang rumput akan merana atau bahkan mati. Kita juga akan memerlukan banyak sekali pupuk N, misalnya urea. Untuk produksi pupuk N akan diperlukan energi dalam jumlah yang sangat besar. Kerusakan kemampuan penambatan nitrogen udara juga akan mengacaukan daur nitrogen. Oleh karena itu kemampuan lingkungan untuk menambat nitrogen harus kita jaga dan pelihara. Pemupukan N yang berlebihan menghambat aktivitas mahluk penambat nitrogen udara. Pencemaran dapat juga mematikan atau mengganggu kehidupan mahluk itu, sehingga kemampuan penambat nitrogen udara akan menurun.

d. Pengendalian populasi

Di dalam alam sebagian hewan hidup dari tumbuhan. Mereka disebut herbivora. Ada pula hewan yang hidup dari hewan lain. Mereka disebut karnivora. Hewan yang memakan, secara umum disebut pemangsa; yang dimakan, disebut mangsa. Pemangsa ada yang menguntungkan, ada pula yang merugikan. Demikian pula mangsa ada yang menguntungkan dan ada yang merugikan. Pemangsa yang menguntungkan ialah yang memakan mangsa yang merugikan. Tetapi menguntungkan dan merugikan itu sering tidak bersifat mutlak, melainkan tergantung pada waktu tertentu. Misalnya, eceng gondok di waduk merugikan. Tetapi orang desa banyak yang menanam eceng gondok untuk membersihkan air kolam.

Apabila populasi mangsa meningkat, persediaan makanan untuk pemangsa bertambah. Karena itu kenaikan populasi mangsa, setelah beberapa waktu akan diikuti oleh kenaikan populasi pemangsa. Dengan naiknya populasi pemangsa, jumlah mangsa yang dimakan bertambah. Dengan bertambahnya mangsa yang dimakan, populasi mangsa itu setelah beberapa waktu turun. Penurunan populasi mangsa akan diikuti oleh menurunnya populasi pemangsa. Jadi, ada keseimbangan yang dinamis antara populasi mangsa dan pemangsa. Populasi mangsa dan populasi pemangsa itu saling mengendalikan. Kemungkinan terjadinya ledakan populasi mangsa atau pemangsa adalah kecil. Dengan demikian jenis mangsa yang merugikan, misalnya hama atau hewan yang membawa penyakit, populasinya terkendalikan oleh pemangsanya. Contohnya ialah populasi tikus sawah yang terkendalikan oleh populasi ular.

Pengendalian hama dan penyakit oleh pemangsanya sangat menguntungkan kita. Pertama, karena pengendalian itu terjadi secara otomatis dengan adanya keseimbangan yang dinamis. Kedua, kita tidak perlu atau sedikit saja mengeluarkan biaya dan tenaga untuk pengendalian itu. Karena itu rantai makanan yang menjadi dasar kemampuan lingkungan untuk melakukan fungsi pengendalian hama dan

penyakit harus kita pelihara. Misalnya, penggunaan racun hama yang berlebihan, dan pencemaran oleh industri dan transpor dapat merusak kemampuan lingkungan untuk mengendalikan hama dan penyakit.

Pengendalian hama oleh pemangsanya telah dipadukan dengan cara lain yang mengendalikan perkembangan hama, antara lain, pengembangan varietas unggul yang resisten terhadap hama, pergiliran tanaman dan penanaman serempak. Pengendalian hama terpadu (PHT) telah dikembangkan di dalam praktek pertanian dan telah membawa banyak keuntungan. Di Indonesia PHT telah menurunkan penggunaan pestisida dengan 63% dan biaya produksi dengan 52%. Dengan turunnya biaya produksi bersamaan dengan agak naiknya hasil, keuntungan petani diperbesar. Keuntungan lain ialah menurunnya pencemaran oleh pestisida.

e. Penyerbukan

Agar bunga dapat menjadi buah harus terjadi penyerbukan dan pembuahan. Pada penyerbukan, tepung sari dengan satu atau lain cara menempel pada kepala putik bunga. Tepung sari itu merupakan alat kelamin jantan dan putik a kelamin betina. Setelah terjadi penyerbukan, tepung s membuahi sel telur yang ada dalam bakal buah. Setel pembuahan, bakal buah tumbuh menjadi buah.

Banyak sekali buah yang kita makan. Misalnya padi, jagung, kelapa, tomat, dan mangga. Karena itu penyerbukan dan pembuahan sangat penting. Kecuali pada panili, penyerbukan terjadi secara alamiah. Ada penyerbukan yang terjadi oleh angin. Misalnya, padi. Pada tumbuhan air, ada yang terjadi oleh arus air. Banyak pula serangga, burung dan hewan lain yang sangat berguna dalam proses penyerbukan. Misalnya, kelelawar, burung madu, lebah, dan kupu-kupu. Apabila populasi hewan penyerbuk itu menurun, penyerbukan akan terganggu dan produksi banyak jenis buah akan menurun. Penggunaan pestisida yang tidak bijaksana dan pencemaran udara akan mempunyai efek demikian. Karena arti buah yang sangat penting dalam kehidupan kita, kita harus menjaga agar penyerbukan itu tidak terganggu.

f. Kemampuan memperbaharui diri

Sumberdaya alam ada yang bersifat dapat memperbaharui diri. Mereka disebut sumberdaya terperbarui, misalnya udara, tanah, air, ikan dan hutan. Tetapi sifat terperbarui itu tidak mutlak, melainkan kemampuan ada batasnya. Apabila batas kemampuan dilampaui, sumberdaya yang terperbarui itu menjadi takterperbarui. Atau diperlukan biaya yang sangat besar untuk memperbaikinya dan menjadikannya terperbarui lagi. Kemampuan untuk memperbarui diri itu didasarkan pada proses kimia, fisik dan hayati.

Kita ambil contoh penggunaan air. Air yang kita minum, sebagian akan keluar lagi sebagai air seni dan air dalam tinja. Air itu tidak dapat kita pakai. Badan air yang menerima limbah itu, misalnya sungai, juga menjadi tidak baik lagi untuk kita pakai. Air itu telah tercemar. Di dalam badan air itu terdapat berbagai macam jasad renik. Ada jasad yang bersifat pengurai. Mereka menguraikan zat organik dalam air seni dan tinja menjadi zat anorganik. Jasad renik yang lain memakan atau mematikan jasad renik yang berbahaya untuk kesehatan kita yang terdapat dalam air yang tercemar. Penyinaran oleh sinar matahari yang mengandung sinar ultra violet juga mematikan jasad renik yang berbahaya itu. Arus air dan gelombang memasukkan oksigen ke dalam air. Oksigen ini membantu proses pemurnian air yang tercemar. Setelah beberapa waktu, air yang tercemar itu menjadi bersih dan dapat kita pakai lagi.

Proses pemurnian secara alamiah dapat terganggu. Misalnya, penggunaan antibiotika yang tidak bijaksana. Antibiotika yang masuk ke dalam perairan dapat secara selektif membunuh jasad renik yang berguna, tetapi sebaliknya menimbulkan resistensi pada jasad renik yang membahayakan kesehatan. Pelumpuran akan memperlambat arus air. Dengan ini, oksigen yang masuk ke dalam air berkurang dan proses pemurnian diri terhambat. Apabila beban pencemaran melampaui kemampuan perairan atau sumberdaya lain untuk memperbarui diri, kualitas sumberdaya itu makin lama makin menurun. Pencemaran oleh bahan yang tidak dapat diuraikan oleh jasad renik menyebabkan air tidak

dapat dimurnikan secara alamiah. Misalnya, ada deterjen yang tak teruraikan secara hayati. Contoh lain ialah logam berat, seperti air rasa.

Gangguan itu semua akan membuat sumberdaya yang terperbarui menjadi takterperbarui. Biaya yang besar akan diperlukan untuk merehabilitasi sumberdaya yang rusak itu. Apabila tak dapat disediakan biaya, mutu hidup kita akan menurun. Misalnya, sering terjadi ledakan penyakit kolera.

Contoh lain ialah sumberdaya ikan. Sumberdaya itu bersifat terperbarui, karena dapat mereproduksi diri. Tetapi eksploatasi yang tidak bijaksana akan menjadikan sumberdaya itu menjadi tak terperbarukan. Kuantitas atau dan kualitas produksi menurun. Misalnya, produksi ikan *anchovi* di pantai barat Amerika Latin telah sangat menurun dan nampaknya tidak dapat pulih lagi. Produksi ikan di Teluk Siam kualitasnya sangat menurun. Artinya, jenis ikan yang ditangkap makin banyak jenis yang nilai ekonominya rendah. Eksploatasi yang tidak bijaksana ialah antara lain penangkapan yang berlebih, penangkapan yang serampangan dengan menangkap pula ikan yang kecil-kecil, penangkapan dengan bahan peledak dan dengan racun hama. Itu semua harus kita hindari agar sumberdaya yang terperbarui tetap dapat terjaga mempunyai sifat terperbarui.

g. Fungsi hidro-orologi

Air dan tanah merupakan sumberdaya yang terperbarui yang esensial untuk kehidupan kita. Air mengalami suatu daur. Air jatuh dari langit sebagai hujan. Hujan sebagian mengalir di atas permukaan tanah dan sebagian lagi masuk ke dalam tanah. Oleh panas matahari air menguap. Dari uap air terbentuklah awan dan dari awan terjadilah hujan. Daur ini berlangsung sepanjang masa tak ada habisnya.

Hutan dan bentuk vegetasi lain mempunyai peranan penting dalam daur ini. Dengan adanya hutan lebih banyak air yang meresap ke dalam tanah. Sebagian lagi terserap oleh seresah yang ada di atas lantai tanah. Karena hutan mempunyai laju evapotranspirasi yang besar, dengan adanya hutan lebih banyak air yang menguap daripada bila tak ada

hutan. Karena air yang meresap ke dalam tanah dan yang menguap lebih banyak, dan sebagian lagi terserap oleh seresah, air yang mengalir di atas permukaan tanah lebih sedikit.

Air yang masuk ke dalam tanah, sebagian akan keluar lagi sebagai mata air di tempat lain. Air yang terserap di dalam seresah perlahan-lahan akan lepas lagi, selama seresah itu mengandung air di atas titik jenuh. Dengan demikian air tanah dan air yang terserap dalam seresah merupakan simpanan air yang tersedia lama setelah hujan jatuh. Jadi, walaupun hutan mengurangi jumlah total air yang tersedia, tetapi distribusi sepanjang tahun menjadi lebih baik. Banjir dalam musim hujan dan kekurangan air dalam musim kemarau dikurangi.

Berkurangnya air permukaan tidak saja mengurangi risiko banjir, melainkan pula mengurangi risiko erosi. Tajuk hutan dan lapisan seresah juga melindungi permukaan tanah dari erosi percikan oleh tetesan air. Karena erosi menurunkan kesuburan tanah, menaikkan kandungan lumpur dalam air dan menyebabkan pendangkalan sungai, waduk dan saluran pengairan, perlindungan hutan terhadap erosi tanah sangatlah penting.

Fungsi hidro-orologi hutan dan vegetasi lain benar-benar harus kita perhatikan. Kerusakan fungsi itu akan merusak banyak hasil pembangunan yang telah dicapai dan membahayakan berkelanjutannya pembangunan.

3.2. Tersedianya sumberdaya yang cukup

Pembangunan adalah usaha untuk dapat menaikkan manfaat yang kita dapatkan dari sumberdaya. Kenaikan manfaat itu dapat kita capai dengan menggunakan lebih banyak sumberdaya. Kenaikan manfaat dapat juga dicapai dengan menaikkan efisiensi penggunaan sumberdaya, tanpa menaikkan jumlah sumberdaya yang kita pakai. Dengan usaha ini kita mendapatkan hasil yang lebih besar dengan sejumlah sumberdaya yang sama. Ke dalam usaha menaikkan efisiensi penggunaan sumberdaya termasuk pula daurulang. Usaha menaikkan efisiensi terutama penting dengan makin

langkanya persediaan sumberdaya relatif terhadap kebutuhan. Kenaikan kebutuhan itu disebabkan baik oleh kenaikan jumlah penduduk, maupun karena kenaikan permintaan per orang. Usaha menaikkan efisiensi penggunaan sumberdaya tidak saja penting untuk sumberdaya yang tak terperbarui, melainkan juga untuk yang terperbarui. Usaha itu penting dari dua segi.

Pertama, untuk sumberdaya yang terperbarui kenaikan intensitas eksploatasi mempertinggi risiko kerusakan sumberdaya. Kerusakan itu dapat membuat sumberdaya itu menjadi takterperbarui, kecuali dengan biaya yang tinggi seperti telah diuraikan di muka. Untuk sumberdaya yang takterperbarui, kenaikan intensitas eksploatasi akan mempercepat penyusutan sumberdaya. Artinya, sumberdaya itu akan makin cepat habis.

Kedua, penggunaan sumberdaya dalam jumlah yang makin besar pada umumnya akan memperbesar masalah pencemaran. Pencemaran itu secara umum akan mengurangi kemampuan lingkungan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Secara khusus ia akan mengurangi kemampuan sumberdaya yang terperbarui untuk memperbarui diri. Usaha daurulang mempunyai efek mengurangi risiko pencemaran dan penyusutan sumberdaya.

Cara yang ketiga untuk dapat menjamin persediaan sumberdaya selama mungkin ialah mencari sumberdaya alternatif. Misalkan untuk suatu keperluan kita menggunakan sumberdaya yang telah langka. Apabila kita dapat menggunakan sumberdaya lain untuk keperluan yang sama itu, sumberdaya yang langka dapat kita hemat. Cara ini merupakan salah satu usaha untuk menghemat BBM dengan lebih banyak menggunakan sumber energi yang lain. Sumberdaya gen merupakan faktor yang sangat penting dalam mencari sumberdaya alternatif.

Mencari sumberdaya alternatif hanyalah mungkin apabila ada keanekaan sumberdaya. Oleh karena itu memelihara keanekaan sumberdaya, merupakan usaha yang esensial dalam pembangunan. Berkurangnya keanekaan sumberdaya, berarti berkurangnya pilihan. Dan ini berarti menu-

runnya mutu lingkungan hidup. Arti penting usaha itu tidak saja untuk hari kini, melainkan juga untuk hari depan. Harus dijaga agar pembangunan tidak menutup secara dini pilihan kita di hari depan. Sebab kebutuhan kita tidak saja terus bertambah, melainkan juga berubah-ubah dari waktu ke waktu. Jangan sampai terjadi pilihan anak-cucu kita lebih sempit dari kita.

Haruslah pula kita sadari bahwa tidak semua jenis sumberdaya dapat disubstitusi dengan mengembangkan teknologi. Misalnya, menurunnya produksi kayu karena menyusutnya hutan tidak dapat dinaikkan lagi dengan alternatif mengembangkan teknologi yang dapat dengan cepat menebang hutan. Teknologi itu akan memperparah kondisi. Demikian pula menurunnya produksi ikan laut karena terkurasnya sumberdaya ikan tidak dapat ditangani dengan alternatif mengembangan teknologi yang lebih efisien dalam penangkapan ikan. Dengan teknologi yang lebih baik itu terkurasnya sumberdaya ikan akan lebih menjadi-jadi.

Sumberdaya yang paling utama ialah manusia. Pada akhirnya manusialah yang menentukan berhasil atau gagalnya pembangunan. Kuantitas sumberdaya manusia kita besar, tetapi mutunya masih rendah. Seyogyanya pembangunan mempunyai tujuan utama menaikkan mutu sumberdaya manusia. Dengan mutu sumberdaya manusia yang tinggi, keterbatasan sumberdaya alam dapat diatasi. Misalnya, Jepang, Singapura dan Nederland tidak banyak mempunyai sumberdaya alam. Tetapi mutu sumberdaya manusianya tinggi. Negara mereka maju. Mutu harus pula mencakup sikap manusia terhadap lingkungan hidupnya. Sebab hanya dalam lingkungan yang optimal manusia dapat berkembang dengan baik, dan hanya dengan manusia yang baik lingkungan dapat berkembang ke arah yang optimal.

3.3. Lingkungan sosial-budaya dan ekonomi yang sesuai

Lingkungan sosial-budaya dan ekonomi sangatlah penting bagi kesinambungan pembangunan berkelanjutan. Sebab pembangunan dilakukan oleh dan untuk manusia yang hidup di dalam kondisi sosial-budaya dan ekonomi tertentu.

Dalam pembangunan faktor ekonomi mendapat perhatian yang seperlunya, karena semua orang sadar bahwa pembangunan tak akan dapat berkelanjutan, apabila ekonomi tidak mendukungnya. Akan tetapi faktor sosial-budaya sering diabaikan. Namun sejarah menunjukkan, faktor sosial-budaya telah menyebabkan tak-berkelanjutannya pembangunan di banyak negara. Misalnya, pembangunan oleh Shah Iran tidak berkelanjutan, karena faktor sosial-budaya tidak dapat mendukungnya. Dan ambruklah kemaharajaan itu. Demikian pula pembangunan di Srilangka, yang semula dianggap sebagai contoh pembangunan yang baik, kini terancam oleh keambrukan, karena tidak didukung oleh faktor sosial-budaya, yaitu ketidakserasian antara suku Tamil dan suku Singalese. Mengingat hal tersebut faktor sosial-budaya tidak kalah pentingnya dari faktor ekonomi dalam menentukan berkelanjutannya pembangunan dan karena itu harus benar-benar diperhatikan dalam pembangunan. Beberapa hal yang dianggap penting diuraikan di bawah.

a. Pemerataan pembangunan

Garis-garis Besar Haluan Negara (GBHN) telah mensyaratkan, bahwa pemerataan adalah unsur penting dalam pembangunan. Walaupun usaha telah dilakukan untuk mencapai tujuan ini, namun hasilnya belumlah menggembirakan. Dalam proses pembangunan selama lebih dari 30 tahun, persentasi rakyat yang naik ke atas garis kemiskinan telah bertambah. Tetapi jumlah absolut rakyat yang masih ada di bawah garis kemiskinan masih besar. Kecuali itu kesenjangan antara golongan yang kaya dan miskin juga bertambah, oleh karena pertumbuhan ekonomi golongan yang kaya lebih cepat dari golongan yang miskin.

Di dalam ekologi terdapat hukum yang menyatakan, apabila dua ekosistem yang berbeda tingkat perkembangannya berhubungan satu sama lain, terjadilah tukar-menukar materi, energi dan informasi antara keduanya. Tetapi arus tukar-menukar materi, energi dan informasi itu asimetris, yaitu arus dari ekosistem yang lebih berkembang ke yang kurang berkembang lebih kecil dari yang sebaliknya. Jadi,



Gambar 6.1. Jalan yang menghubungkan desa dengan kota mempunyai fungsi ganda sebagai sarana pembangunan dan sarana eksploatasi desa oleh kota. Dalam pembangunan, fungsi jalan sebagai alat eksploatasi harus dikurangi sampai sekecil-kecilnya, agar manfaat pembangunan dapat lebih merata. *Foto: Otto Soemarwoto*

yang lebih berkembang mendapatkan keuntungan yang lebih besar dari hubungan itu dibanding dengan ekosistem yang kurang berkembang. Dalam ekologi dikatakan ekosistem yang kurang berkembang dieksploatasi oleh yang lebih berkembang. Tingkat perkembangan ekosistem itu dapat diukur dari tingkat organisasi dan keanekaan, dan dalam ekosistem manusia juga dari tingkat pendidikan dan keterampilan.

Hukum ini merupakan dilema dalam pembangunan. Misalnya, untuk membangun desa, diperlukan dibangunnya jalan antara kota dan desa, atau jalan yang telah ada harus diperbaiki. Tetapi dengan membangun jalan itu, sebenarnya kita membangun dua sarana yang saling bertentangan sekaligus, yaitu sarana pembangunan dan sarana "eksploatasi" desa oleh kota (Gambar 6.1). Sarana pem-

bangunan kita sadari dan memang itulah tujuan membangun jalan. Tetapi jalan sebagai sarana eksploatasi tidak kita insyafi. Akibatnya, walaupun desa dapat tumbuh, laju pertumbuhan desa lebih pelan dari kota dan kesenjangan antara keduanya makin besar. Apabila eksploatasi terlalu intensif, bahkan dapat terjadi desa malahan mundur dan akhirnya dapat ambruk. Jika desa ambruk, cepat atau lambat kota juga akan ambruk, karena kota tak dapat hidup tanpa desa. Walaupun desa tidak ambruk, kesenjangan yang terlalu besar akan menimbulkan pula keresahan yang dapat meledak. Ledakan itu dapat menyebabkan keambrukan desa dan kota. Karena itu kesenjangan merupakan unsur penting dalam menentukan kemampuan lingkungan untuk mendukung pembangunan.

Kesenjangan selalu ada dalam masyarakat. Masyarakat pun dapat menerima kesenjangan sampai batas-batas tertentu. Bahkan seandainya ada masyarakat yang tidak ada kesenjangan, artinya 100% "sama rata sama rasa" untuk semua golongan dalam masyarakat itu, mungkin sekali masyarakat itu tidak akan maju. Dalam masyarakat yang demikian, orang yang malas dan tidak mampu untuk bekerja akan merasa senang. Tetapi kesenangan itu tidak akan mendorong mereka untuk bekerja dan berprestasi. Sebaliknya orang yang mampu untuk bekerja, juga tidak terpacu untuk bekerja keras. Sebab untuk apa bekerja keras, apabila yang bekerja keras dan yang bermalas-malasan toh mendapat imbalan yang sama. Dengan demikian untuk dapat maju perlu ada kesenjangan dan kesenjangan itu harus dikelola dalam batas-batas tertentu. Kesenjangan tidak boleh terlalu kecil, agar dapat mempunyai efek memacu bekerja. Tetapi ia tidak boleh terlalu besar, agar tidak menimbulkan keresahan.

Arus energi, materi dan informasi yang asimetris antara ekosistem yang berbeda tingkat perkembangannya, dan mengakibatkan terjadinya kesenjangan, terjadi karena sistem yang lebih berkembang dapat menguasai arus informasi, baik jenis, besar maupun waktunya. Dengan penguasaan arus informasi itu, ia juga menguasai arus materi dan energi.

Misalnya, di dalam pembangunan pedesaan, kota mengumpulkan dan menyeleksi informasi yang ia inginkan. Setelah diolah, informasi itu mengalir kembali ke desa dalam bentuk keputusan dan penerangan tertentu. Walaupun keputusan dan penerangan itu dimaksudkan untuk kebaikan desa, namun kebaikan itu adalah dari kacamata kota. Karena itulah keuntungan selalu pada pihak kota, yaitu apa yang disebut *urban biased.* Pembagian manfaat dan risiko lingkungan menjadi tidak merata antara desa dan kota, yaitu desa mendapatkan risiko yang lebih besar dan manfaat yang lebih kecil dari kota. Akibatnya, manfaat bersih, yaitu manfaat total dikurangi risiko total, untuk desa lebih kecil dari untuk kota. Dapat terjadi manfaat bersih untuk desa sangat kecil, atau bahkan negatif. Tetapi apabila manfaat bersih dari kacamata kota besar, proyek itu berjalan juga. Sebab yang mengambil keputusan bukanlah desa, malainkan kota.

Dengan asumsi manfaat bersih digunakan untuk investasi, manfaat bersih yang lebih besar untuk kota akan menyebabkan pertumbuhan kota yang lebih pesat dari desa. Dalam hal manfaat bersih desa negatif, desa tidak akan tumbuh, melainkan akan mundur.

Apa yang diuraikan di atas dapat dilihat di banyak proyek, terutama proyek besar yang menggunakan teknologi modern, seperti bendungan, dan pabrik pupuk, baja dan petrokimia. Proyek tersebut menciptakan lapangan pekerjaan baru secara langsung, yaitu untuk dipekerjakan di proyek, maupun tidak langsung melalui efek gandanya, seperti warung dan transpor. Tetapi penduduk lokal tidak melihat atau tidak dapat menggunakan kesempatan itu karena tidak mempunyai keterampilan atau dan modal yang diperlukan. Bahkan sering terjadi untuk pekerjaan yang sangat sederhana, seperti menggali selokan, digunakan juga tenaga dari daerah lain. Tenaga dari daerah proyek itu hanyalah sedikit saja. Demikian pula efek ganda sebagian besar dimanfaatkan oleh orang pendatang.

Sebaliknya risiko yang dihadapi oleh penduduk lokal adalah besar, antara lain, hilangnya sumber mata pencaharian, ketegangan sosial dan pencemaran. Misalnya, karena

lahan dipakai untuk pabrik, buruh tani kehilangan pekerjaannya, tetapi mereka tidak menerima ganti rugi. Demikian pula buruh pengangkut hasil pertanian dan pedagang hasil bumi kehilangan sumber pendapatannya tanpa menerima ganti rugi. Dengan kedatangan orang dari daerah lain yang mempunyai latar belakang kebudayaan yang berbeda, kenaikan kepadatan penduduk dan tingkat pendapatan yang berbeda antara pendatang dan penduduk lokal, terjadilah ketegangan sosial. Salah satu gejala fisik tentang adanya ketegangan sosial ialah naiknya tekanan darah di kalangan penduduk lokal. Konsentrasi buruh yang terpisah dari keluarganya sering menimbulkan masalah prostitusi dan perjudian, yang selanjutnya meningkatkan kriminalitas. Kepadatan penduduk yang tinggi tanpa disertai perbaikan persediaan air dan sarana sanitasi, meningkatkan risiko terjadinya penyakit menular dan parasit. Itulah risiko yang dihadapi oleh penduduk lokal dan tidak oleh penduduk kota. Jadi pemerataan lokasi proyek tidaklah *à priori* akan menyebabkan penyebaran manfaat yang merata.

Masalah itu tidak dapat dibiarkan dan perlu diambil tindakan. Salah satu tindakan yang telah diambil ialah dengan dikeluarkannya Keputusan Presiden No. 14A yang mengharuskan digunakannya kontraktor lokal untuk kontrak pekerjaan yang kecil. Akan tetapi peraturan ini belum banyak berguna untuk penduduk desa yang desanya menjadi tempat proyek. Sebab kontraktor lokal umumnya menggunakan buruh dari kota. Karena itu tindak lanjut perlu dilakukan. Pertama, pendidikan dan latihan untuk penduduk setempat haruslah menjadi bagian terpadu setiap proyek pembangunan. Sebab banyak pekerjaan di proyek yang besar yang dapat dilakukan oleh penduduk setempat dengan latihan tertentu, antara lain sopir dan montir truk biasa dan jeep, tukang batu, tukang kayu dan pekerjaan kantor. Pemerintah Jawa Barat, misalnya, dengan bekerjasama dengan PLN telah melatih orang untuk proyek bendungan Saguling dan proyek itu telah mempekerjakan lebih dari 200 orang yang dilatih itu. Selanjutnya dengan adanya tambahan keterampilan dan pengalaman yang me-

reka peroleh selama bekerja di proyek, mereka akan mempunyai kesempatan yang baik untuk dipekerjakan di proyek-proyek pembangunan sekunder yang akan menyusul setelah selesainya bendungan.

Kedua, perencanaan proyek haruslah mencakup aspek penggunaan proyek itu sebagai alat pembangunan daerah itu. Hal ini tidak selalu, bahkan sering tidak dilakukan, melainkan proyek itu semata-mata dilihat dari kepentingan nasional. Misalnya, banyak PLTA dibangun, tetapi seluruh listrik dialirkan ke kota dan daerah pedesaan itu tidak mendapat aliran listrik. Demikian pula banyak industri dibangun, tetapi hasil industri itu diangkut ke luar, tanpa memberikan kemungkinan untuk didirikannya industri hilir di daerah itu. Dengan demikian proyek-proyek itu menjadi semacam pulau yang modern di tengah lautan pedesaan yang terbelakang. Para pembaca dapatlah melihat contohnya di daerahnya masing-masing. Masalah ini dapat diatasi, apabila rencana proyek itu mencakup pengembangan daerah, termasuk penduduk di daerah itu tentunya. Tidak hanya latihan teknis saja yang diperlukan, melainkan juga pengembangan sistem kredit, pengelolaan dan pemasaran.

Ketiga, evaluasi proyek seyogyanya tidak hanya mencakup aspek nasional atau regional, melainkan juga aspek lokal. Yang akhir ini pun tidak cukup hanya mencakup, misalnya, keadaan tingkat pendapatan, pendidikan, gizi, dan perumahan di lokasi proyek, melainkan juga apakah yang menikmati itu penduduk lokal atau orang pendatang.

Dengan usaha-usaha itu, ada kemungkinan besar eksploatasi desa oleh kota dapat dieliminasi, atau paling sedikit ditekan sampai sekecil-kecilnya, sehingga kesenjangan antara kota dan desa dapat dikelola dalam batas yang menguntungkan.

b. Persaingan

Persaingan terjadi apabila sumberdaya yang digunakan oleh sekelompok individu menjadi langka relatif terhadap kebutuhan masing-masing individu. Di dalam dunia hewan

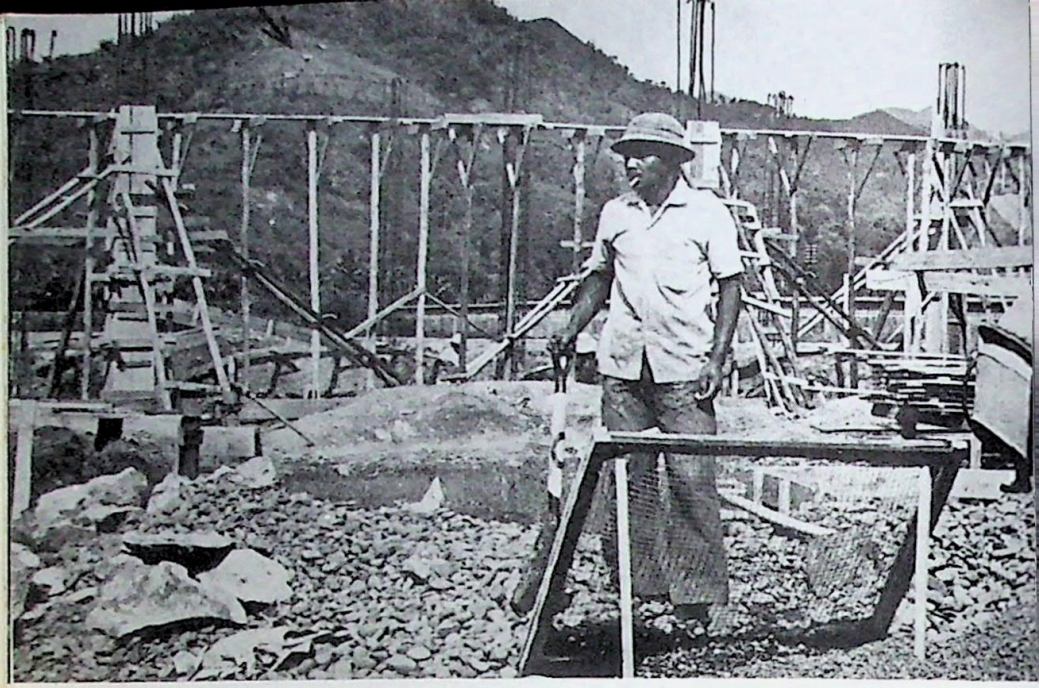


Gambar 6.2. Tekanan terhadap lahan terus meningkat dengan bertambahnya jumlah petani karena pertumbuhan penduduk. Petani yang lemah terdesak ke daerah yang tidak subur dengan lereng curam. Erosi dan penurunan kesuburan terjadi dengan cepat.

Foto: Otto Soemarwoto

persaingan antara individu suatu jenis akan menyebabkan terdesaknya individu yang lemah ke daerah yang marjinal. Cara hidup individu itu sendiri tidak berubah. Secara ekologis hal ini disebut melebarnya relung jenis tersebut. Bila persaingan itu terjadi antara jenis, masing-masing jenis itu akan berusaha untuk hidup dengan lebih efisien. Maka terjadilah spesialisasi. Dengan spesialisasi itu cara hidup telah berubah. Relung jenis berubah menjadi sempit.

Di dalam masyarakat manusia persaingan juga sering terjadi. Di dalam masyarakat agraris, lahan merupakan sumberdaya yang sering diperebutkan. Persaingan makin intensif dengan makin menurunnya nilai nisbah lahan terhadap petani. Persaingan antara petani dapat dianalogikan dengan persaingan antara individu dalam satu jenis. Dalam hal ini



Gambar 6.3. Proyek pembangunan yang menggunakan lahan yang luas memperbesar tekanan penduduk terhadap lahan, apabila tidak menciptakan lapangan pekerjaan baru bagi penduduk lokal. Penduduk terdesak ke daerah marjinal dan menyebabkan kerusakan lingkungan, misalnya dengan menebang hutan untuk bertani (lihat panah).
Foto: Otto Soemarwoto

jenis itu adalah jenis petani. Individu petani yang terdesak pindah ke daerah yang marjinal. Mereka tetap menjadi petani dan membuka lahan di daerah yang tidak subur dengan lereng curam (Gambar 6.2). Dapat pula relung petani itu berubah menjadi buruh di kota. Tetapi relung itu tetap marjinal.

Apabila terjadi pembangunan yang membutuhkan lahan yang luas, misalnya waduk, wilayah industri, dan pemukiman, luas lahan pertanian berkurang. Jika petani yang tergusur oleh proyek itu tidak dapat mendapatkan pekerjaan di proyek itu, nilai nisbah lahan terhadap petani akan menurun. Dengan demikian tekanan penduduk meningkat dan daerah yang marjinal di desa dan di kota akan diduduki oleh petani itu. Akibatnya ialah kerusakan lingkungan.

Jadi pembangunan yang menggunakan lahan luas dan tidak memperhatikan penduduk lokal, akan mengakibatkan kerusakan lingkungan karena naiknya tekanan penduduk (Gambar 6.3).

Di daerah perladangan berpindah penyempitan areal perladangan oleh proyek pembangunan juga akan menaikkan tekanan penduduk. Yang terjadi di sini ialah peladang tidak tergusur, melainkan daur perladangan menjadi lebih pendek. Dengan daur yang pendek, terjadilah kerusakan hutan.

Apabila persaingan terjadi antara individu yang terdidik, masing-masing individu itu akan berusaha untuk menaikkan efisiensi cara hidupnya. Terjadilah spesialisasi. Jadi relung menyempit. Persaingan antara individu orang yang terdidik mempunyai analogi dengan persaingan antara jenis dalam dunia hewan. Secara umum spesialisasi itu dapat kita lihat di kota. Diversifikasi jenis pekerjaan makin besar dengan adanya spesialisasi itu. Suatu contoh tentang persaingan yang menuju ke arah spesialisasi ialah dalam dunia kedokteran. Dengan makin banyaknya dokter umum sampai ke pelosok, dokter umum sukar untuk mendapatkan penghasilan yang lumayan dari praktek pribadinya. Dengan spesialisasi kemungkinan untuk mendapatkan penghasilan dari praktek bertambah.

Uraian di atas menunjukkan pembangunan di daerah pedesaan dapat menimbulkan kenaikan tekanan penduduk terhadap lahan yang selanjutnya akan menyebabkan kerusakan lingkungan. Kerusakan lingkungan itu akan mengurangi kemampuan lingkungan untuk mendukung pembangunan. Untuk menghindari masalah ini harus diusahakan agar penduduk petani dapat disalurkan ke sektor nonpertanian melalui penciptaan lapangan pekerjaan, pendidikan dan penyediaan kemudahan, seperti kredit.

c. Masyarakat terasing

Yang dimaksud dengan masyarakat terasing ialah masyarakat yang hidup terpisah dari masyarakat umum dan mempunyai gaya hidup dan nilai kebudayaan yang berbeda dari

masyarakat umum. Di Indonesia terdapat dua jenis masyarakat terasing yang menduduki dua ujung ekstrem dalam kemasyarakatan kita. Yang pertama ialah masyarakat terasing yang primitif yang hidup di daerah yang terpencil, misalnya di pedalaman Sumatera, Kalimantan dan Irian Jaya. Yang kedua ialah masyarakat terasing yang modern yang hidup di lokasi proyek pembangunan yang besar yang menggunakan teknologi yang modern.

Masyarakat terasing yang primitif terbentuk karena kedudukan mereka diperiferi arus evolusi manusia, sehingga mereka tidak terbawa oleh arus evolusi yang meliputi pula evolusi kebudayaan. Mereka tertinggal dan kebudayaannya menjadi terbelakang dibanding dengan kelompok yang mengikuti arus evolusi.

Mengikut sertakan masyarakat terasing yang primitif dalam pembangunan merupakan masalah, karena mereka mempunyai kebudayaan tersendiri. Ada yang berpendapat untuk membiarkan mereka saja, karena mereka merasa bahagia. Menurut ukuran tertentu memanglah dapat dikatakan mereka itu bahagia. Misalnya, mereka tidak perlu bekerja keras untuk hidupnya sehingga mempunyai banyak waktu untuk istirahat dan melakukan aktivitas kesenian dan kebudayaan, seperti menganyam, mengukir, menari dan menyanyi. Tetapi pada lain pihak banyak yang menderita penyakit menular dan parasit. Di samping itu sering terjadi peperangan antar suku, sehingga bahaya diserang oleh musuh selalu mengancam. Maka sudah selayaknyalah untuk dilakukan usaha untuk membawa mereka ke dalam arus pembangunan. Tetapi pembangunan itu seyogyanya tidak diartikan sebagai perombakan total kebudayaan mereka yang akan menimbulkan pukulan yang berat bagi mereka. Lagi pula, walaupun mereka nampaknya liar dan tak berbudaya, mereka mempunyai kearifan ekologi dan nilai budaya yang luhur tertentu. Misalnya, mereka mempunyai pengetahuan yang luas dan mendalam tentang fauna dan flora di daerahnya yang digunakan untuk mengelola sumberdaya itu dengan sebaik-baiknya, karena kelangsungan hidup mereka tergantung dari fauna dan flora itu. Mereka tidak

akan membunuh hewan atau menebang pohon sekedar untuk mencari kesenangan, seperti halnya orang modern berburu untuk rekreasi. Berburu dan menebang pohon diatur dengan ketat untuk menjamin tidak terjadinya kerusakan. Mereka dapat memilih tumbuhan mana yang bergizi, mana yang dapat dipakai untuk obat dan mana yang beracun. Perladangan berpindah yang sering kita temukan di masyarakat terasing itu, bukan pula suatu cara bercocok tanam yang irrasional yang merusak lingkungan, melainkan di bawah kondisi yang mereka alami, itulah cara yang terbaik. Banyak contoh lagi yang dapat disebutkan.

Kearifan ekologi dan nilai kebudayaan tertentu seyogyanya dimanfaatkan dalam proses pembangunan itu. Hendaknya dikaji mana yang baik dan mana yang tidak sesuai lagi. Yang baik seyogyanya dipelihara dan dipakai dan hanya yang tidak sesuai saja yang dibuang. Jadi janganlah kita terlalu cepat mengambil kesimpulan, karena mereka primitif segala adat-istiadatnya adalah jelek. Seyogyanyalah kita usahakan untuk memperdayakan mereka sebagai subjek pembangunan yang ikut serta dalam pengambilan keputusan dan pelaksanaan pembangunan sehingga lebih banyak manfaat pembangunan yang dapat mereka nikmati.

Pada masyarakat asing tipe kedua, yaitu yang menempati ujung ekstrem yang modern dalam masyarakat kita, terdapat masalah yang lain. Keterasingan mereka bukan karena keterbelakangan, melainkan karena lebih maju dari masyarakat sekitarnya. Mereka menghuni tempat tersendiri, sering dengan pagar keliling dan pintu gerbang masuk yang dijaga, sehingga terpisah dari masyarakat umum. Dalam kompleks yang tertutup itu terdapat sekolahan, toko dan tempat rekreasi sendiri, dengan aturan yang dibuat sendiri pula. Dari segi positifnya dapat kita lihat bahwa kompleks itu sangat bersih, teratur dan aman. Hidup orang dalam kompleks itu sangat disiplin. Kompleks itu dapat dijadikan contoh sebagai masyarakat yang baik.

Tetapi dari segi negatifnya masyarakat itu laksana pulau yang makmur di tengah laut kemiskinan. Tidak ada atau sedikit rasa kesetiakawanan antara kompleks itu dengan

masyarakat sekelilingnya. Bahkan sering masyarakat dalam kompleks itu curiga terhadap masyarakat sekelilingnya. Kecurigaan itulah yang mendorong untuk membuat pagar keliling, karena merasa tidak aman. Sebaliknya masyarakat sekelilingnya menganggap mereka bukan bagian masyarakatnya. Mereka disebutnya orang *gedongan*. Pemisahan diri dan kemakmuran mereka menimbulkan keresahan.

Masalah masyarakat terasing ini tidak mudah pula untuk dipecahkan. Secara realistis tidaklah dapat staf proyek tingkat atas dan menengah untuk diminta tinggal di rumah penduduk yang mutunya rendah. Akan tetapi masalahnya dapat sangat dikurangi, apabila kehidupan mereka lebih diintegrasikan dengan kehidupan penduduk setempat. Misalnya, tenaga pekerja untuk pemukiman, seperti pembantu rumah tangga, sopir, dan penjaga keamanan, sedapat-dapatnya diambil dari penduduk setempat. Kebutuhan sehari-hari, seperti sayuran, buah-buahan dan keperluan rumah tangga, sedapat-dapatnya juga dibeli dari penduduk setempat, dengan menyediakan sistem kredit dan pembinaan untuk mereka agar dapat membuka toko yang bersih dengan mutu barang yang baik. Sekolah, fasilitas rekreasi dan pelayanan kesehatan seyogyanya juga terbuka bagi penduduk lokal dan anak mereka, dan penduduk setempat didorong untuk menggunakannya, misalnya dengan memberi subsidi tertentu. Pemukiman itu juga diintegrasikan ke dalam organisasi RT dan RK setempat. Ketua RT dan RK menjadi penghubung antara penduduk setempat dan karyawan proyek. Dianjurkan agar para warganya ikut aktif dalam kehidupan sosial setempat. Dengan demikian penduduk tidak akan menganggap pemukiman itu sebagai barang asing, melainkan suatu bagian masyarakat mereka yang menguntungkan. Pagar sekeliling pemukiman tidak lagi akan diperlukan bahkan penduduk akan ikut menjaga keamanannya, misalnya dengan sistem ronda kampung. Jadi, walaupun pemukiman itu secara fisik terpisah, tetapi secara sosial terintegrasi ke dalam kehidupan masyarakat setempat. Efek pulau atau enklave dapat dihilangkan. Pemecahan masalah itu terutama penting untuk pemukiman yang sifat-

nya permanen, yaitu dalam fase operasional proyek. Namun pemecahan itu harus diusahakan sedini mungkin, yaitu sejak dimulai dan dibangun pemukiman tersebut.

Dari segi kemampuan lingkungan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan, kedua jenis masyarakat terasing mengahadapkan kita pada masalah yang berbeda. Masyarakat asing yang primitif karena tidak dapat ikut berperan serta dalam pembangunan, makin terdesak dan makin sempit ruang geraknya. Sumberdaya yang tersedia makin sedikit. Karena umumnya mereka adalah peladang berpindah, penyempitan lahan yang dapat mereka gunakan menyebabkan mereka memperpendek daur perladangannya. Akibatnya ialah kerusakan lingkungan. Kerusakan lingkungan ini dipercepat, karena setelah mereka kontak dengan masyarakat yang lebih maju mereka belajar juga menggunakan alat yang modern untuk membuka hutan, misalnya dengan gergaji mesin. Mereka belajar juga untuk menjual pohon yang mereka tebang. Karena pohon yang ditebang dijual dan tidak dibakar, mineral yang terikat di dalam pohon tidak dibebaskan. Kesuburan tanah tidak dinaikkan oleh abu hasil pembakaran. Karena itu kemerosotan kesuburan tanah dipercepat. Kerusakan lingkungan itu membahayakan kelangsungan hidup pembangunan. Masyarakat terasing tipe ke-2 mengurangi kemampuan lingkungan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan, karena keresahan sosial yang ditimbulkan olehnya. Dengan makin meningkatnya laju pembangunan dan makin luasnya penyebaran pembangunan, keresahan sosial itu juga makin meluas.

Mengingat masalah tersebut di atas, perlulah diusahakan pemecahan masalah kedua jenis masyarakat terasing dengan sebaik-baiknya.

4. POLA HIDUP SEDERHANA

Pola hidup yang mewah dan konsumtif merupakan bahaya terhadap terdukungnya pembangunan secara berlanjut. Pola hidup demikian mempunyai efek penyusutan sumberdaya yang besar dan mendorong terjadinya keresahan sosial.

Masalah penyusutan sumberdaya harus mendapat per-

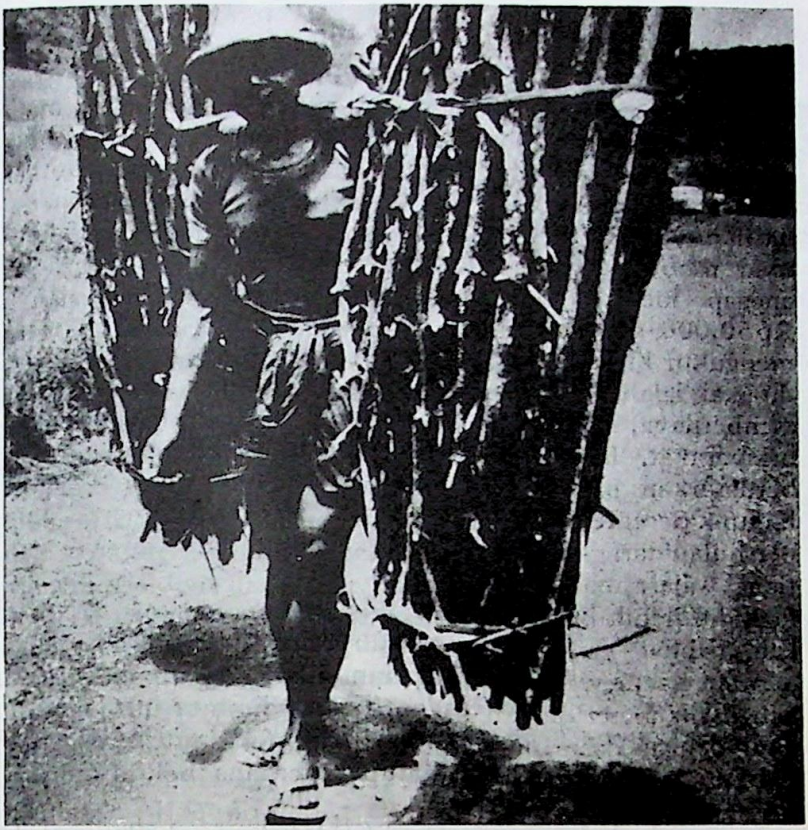
hatian yang lebih besar daripada sekarang. Masih terlalu banyak orang yang hidup dengan pola yang menganggap seolah-olah sumberdaya tidak terbatas. Pola hidup yang mewah sangat menghambur-hamburkan sumberdaya.

Pemerintah dan para pemimpin kita telah berulang kali menyarankan agar kita hidup sederhana. Tetapi hasilnya masih belum nampak. Masalahnya ialah pola hidup sederhana dan mewah adalah subyektif. Karena itu perlulah kriteria untuk dapat mengukur hidup sederhana dan mewah. Kriteria yang dapat dipakai ialah *i)* kesesuaian dengan penghasilan, *ii)* hemat sumberdaya, *iii)* efek pencemaran dan *iv)* kesesuaian dengan masyarakat.

Kesesuaian dengan penghasilan harus diukur berdasarkan penghasilan yang dapat dibenarkan menurut hukum. Seseorang yang mempunyai pendapatan Rp 500.000,- per bulan dari gaji, berbagai honorarium dan usaha, tentulah tidak wajar, apabila ia mempunyai sebuah mobil Mercedes. Ia hidup lebih besar pasak dari tiang, atau ia telah melakukan hal-hal yang tidak jujur. Hidup demikian disebut mewah. Kemewahan menurut kriteria kesesuaian dengan penghasilan merupakan ukuran yang obyektif. Ia dapat diukur dengan dasar undang-undang dan peraturan yang ada.

Hemat sumberdaya merupakan ciri pola hidup sederhana. Ini dapat diukur secara kuantitatif dan obyektif. Misalnya, naik sepeda ke sekolah adalah hemat energi dan tidak memerlukan BBM dan karena itu tidak membantu dalam penyusutan sumberdaya BBM. Naik motor memerlukan lebih banyak energi dan memerlukan BBM. Naik sepeda merupakan pola hidup yang lebih sederhana daripada naik motor.

Hemat sumberdaya berarti pula mendahulukan penggunaan sumberdaya untuk keperluan produktif daripada untuk keperluan konsumtif. Dalam hubungan ini harus pula diperhatikan efisiensi dan efektivitas penggunaan sumberdaya. Apabila untuk suatu tujuan produktif memang diperlukan sumberdaya yang besar, sumberdaya itu harus dipakai. Misalnya, mengangkut padi dari desa ke pabrik sejauh 5 km, dapat dilakukan oleh tenaga pemikul. Tetapi



Gambar 6.4. Cara produksi yang tidak efektif, misalnya memikul, perlu diganti dengan cara yang lebih baik dan manusiawi, walaupun harus menggunakan BBM. Hidup sederhana tidak berarti menolak penggunaan sumberdaya yang lebih banyak, asalkan dilakukan secara efisien dan efektif untuk maksud produktif. *Foto: Otto Soemarwoto*

itu tidak efisien dan efektif. Juga tidak manusiawi, dalam arti pekerjaan itu memeras tenaga manusia, walaupun para pemikul itu mendapat upah. Pengangkutan dengan kendaraan bermotor akan lebih baik, meskipun harus dipakai BBM (Gambar 6.4).

Prinsip hemat sumberdaya dapat digunakan dalam kegiatan hidup kita yang tidak bersifat ekonomi. Misalnya, dalam rekreasi atau olah raga kita dapat pula mengukur jenis mana yang lebih sederhana dari yang lain. Sepakbola

memerlukan sumberdaya lahan 291–390 m^2 per pemain dan bola volley 13,5 m^2 per pemain. Dari segi ini sepakbola dapat dianggap lebih mewah dari bola volley, walaupun keduanya masih termasuk jenis olah raga yang sederhana, karena peralatannya tidak memerlukan sumberdaya modal yang besar. Dengan menghitung pemakaian sumberdaya, kita dapat membuat daftar jenis olah raga dari yang paling mewah sampai pada yang paling sederhana.

Karena pencemaran sangat berkaitan dengan konsumsi sumberdaya, penghematan sumberdaya juga akan mengurangi pencemaran. Dari segi efek pencemaran, berjalan kaki dan bersepeda juga dapat dianggap lebih sederhana dari naik motor. Efek pencemaran juga dapat diukur secara kuantitatif dan obyektif. Berdasarkan atas efek pencemaran, kita dapat membuat daftar urutan kegiatan dari yang mewah sampai yang sederhana.

Kesesuaian dengan masyarakat merupakan masalah sosial dan karena itu sifatnya subyektif. Ukuran yang jelas tidak ada. Pada waktu ini, ukuran inilah yang dipakai untuk anjuran pola hidup sederhana. Orang diminta untuk tenggang rasa. Karena tidak semua orang peka untuk tenggang rasa, hasil anjuran untuk hidup sederhana belum banyak berhasil.

Lagi pula kekayaan materiil tidak lagi sekedar untuk memenuhi kebutuhan, melainkan merupakan pula simbol status sosial, keberhasilan dan modernitas. Seseorang yang kaya mendapatkan status sosial yang tinggi dan ia dianggap sukses dalam karirnya. Kekayaan materiil, misalnya telpon genggam merupakan juga simbol modernitas. Karena kekayaan materiil itu merupakan simbol, kekayaan itu harus dipamerkan agar orang lain melihatnya.

Tidaklah mudah untuk mengatasi masalah ini, karena simbol merupakan bagian kebudayaan yang penting. Pada lain pihak kebudayaan juga mengenal nilai etik. Rasa etik dapat menjadi dorongan yang amat kuat, apabila dapat dibina dengan baik. Misalnya, apabila rasa bangga untuk hidup mewah dapat diubah menjadi rasa malu, perasaan etis ini dengan sangat efektif akan menghambat pola hidup



Gambar 6.5. Kita sangat bergairah untuk menikmati hasil teknologi, seperti mobil, kamera, TV dan video. Di pusat perbelanjaan barang itu laku dengan keras. Tetapi kita kurang giat dalam usaha untuk menguasai teknologi. *Foto: Otto Soemarwoto*

yang mewah. Ini bukanlah suatu hal yang mustahil. Dalam masyarakat yang orientasi vertikalnya sangat kuat, pola hidup atasan akan menjadi contoh bagi bawahannya. Apabila seorang atasan suka berjalan kaki atau naik sepeda ke tempat yang tidak jauh untuk keperluan tertentu, misalnya ke kantor, masjid dan apotik yang dekat, ia akan dicontoh oleh bawahannya. Seorang bawahan yang naik mobil ke mesjid dan bertemu atasannya yang berjalan kaki, akan merasa malu. Jadi, kita tidak cukup hanya memberi kekuatan dari belakang, melainkan juga perlu memberi contoh dan membangkitkan kemauan. Ketiga ajaran ki Hajar Dewantara harus kita kerjakan, yaitu *Ing ngarsa asung tulada, Ing madya mangun karsa, Tut wuri handayani* (Di depan memberi tauladan, di tengah membangkitkan kemauan, dari belakang memberi kekuatan).

Apabila keempat kriteria pola hidup sederhana itu dapat dilaksanakan, masalah pencemaran dan penyusutan sumberdaya kemungkinan besar akan dapat dikendalikan. Dengan sengaja digunakan istilah dikendalikan dan bukannya diberantas, oleh karena dengan naiknya jumlah penduduk dan naiknya tingkat hidup, penggunaan sumberdaya akan terus naik dan dengan itu juga tingkat pencemaran. Kita tidak ingin, dan memang tidak dapat, kembali lagi ke pola hidup yang primitif. Masalah yang kita hadapi bukanlah memakai *atau* tidak memakai BBM, pupuk, pestisida, logam dan seterusnya, yang semuanya mempunyai potensi mencemarkan, melainkan masalahnya ialah bagaimana menggunakan sumberdaya itu dengan bijaksana. Karena itu kita tidak mungkin memberantas masalah penyusutan sumberdaya dan pencemaran, melainkan kita harus mengendalikannya dalam batas yang tidak membahayakan kehidupan kita dan anakcucu kita. Jadi masalahnya ialah bagaimana penggunaan sumberdaya yang makin meningkat itu tidak akan merusak kemampuan lingkungan untuk mendukung kehidupan kita pada tingkat yang makin tinggi.

5. KEMAMPUAN ILMU DAN TEKNOLOGI

Manusia merupakan sumberdaya yang utama dalam pembangunan, baik kemampuan, maupun kemauan manusia itu. Kemampuan yang tinggi tanpa adanya kemauan tidaklah banyak gunanya. Apalagi, jika tidak saja tidak ada kemauan, melainkan malahan ada resistensi terhadap pembangunan. Sebaliknya apabila ada kemauan, dengan kemampuan yang kecil pun dapat dicapai hasil yang relatif besar. Yang paling baik tentulah apabila ada kemampuan dan kemauan.

Dari segi teknologi, kemampuan kita masihlah rendah. Kita belum menguasai teknologi modern, misalnya untuk membuat mobil, traktor, dan televisi. Yang kita lakukan barulah merakitnya. Tetapi yang lebih mengkhawatirkan bukanlah kemampuan teknologi yang rendah itu, melainkan kurangnya kemauan kita untuk menguasai teknologi itu. Dengan tidak mengurangi penghargaan terhadap usaha

oleh banyak pihak untuk alih teknologi, perlulah dicatat bahwa pada umumnya kita kurang agresif untuk menguasai teknologi. Kemauan kita lebih tertuju untuk menikmati hasil teknologi itu, sekalipun harus dengan mengimpornya. Hal ini berbeda dengan orang Jepang. Apabila mereka melihat barang baru, mereka ingin membuatnya sendiri. Pada permulaannya mereka meniru saja. Tetapi kemudian dengan inovasi dan penemuan baru mereka dapat membuat yang lebih baik dari yang asli. Kamera, mobil dan komputer adalah beberapa contoh.

Salah satu sebab penting yang tidak mendorong kita untuk menguasai teknologi ialah kebanggaan terletak pada pemilikan sebuah barang hasil teknologi modern. Benda itu mempunyai simbol status. Simbol status itu sering lebih penting dari kegunaan benda itu. Misalnya, orang bangga mempunyai AC di rumah, sekalipun AC itu jarang atau tidak dipakai karena orang menjadi masuk angin dalam ruangan ber-AC itu. Simbol status ini juga terdapat di kantor dan lembaga ilmiah. Orang sering membanggakan mempunyai alat yang modern, misalnya mikroskop elektron, spektrofotometer dan komputer. Tetapi alat itu jarang dipakai atau malahan menganggur. Komputer di banyak instansi dipakai jauh di bawah kapasitasnya. Jadi, yang dibanggakan ialah pemilikan alat modern itu, tetapi bukan hasil yang dicapai dengan alat itu. Simbol status dan kebanggaan juga belum terkait pada kemampuan membuat suatu benda.

Faktor lain yang mendorong untuk lebih memanfaatkan teknologi daripada menguasai teknologi ialah mudahnya untuk mendapatkan barang hasil teknologi itu. Jumlahnya banyak di pasaran dan mudah pula didapat dengan kredit.

Minat untuk dengan cepat dan dengan sebanyaknya memanfaatkan teknologi modern, mendorong pula gaya hidup konsumerisme. Modal yang masih langka dan sumberdaya banyak yang tersalurkan pada pengeluaran yang bersifat konsumtif dan tidak atau kurang produktif. Hal ini mendorong untuk memperkuat kecenderungan terjadinya ketimpangan sosial dalam bentuk kesenjangan antara yang

kaya dan yang miskin.

Kurang minat untuk menguasai teknologi, tetapi sebaliknya minat yang sangat besar untuk menikmati hasil teknologi, gaya hidup konsumerisme dan kesenjangan merupakan kondisi yang tidak menguntungkan untuk lingkungan untuk dapat mendukung pembangunan berkelanjutan. Kita jadi terlalu tergantung pada kemampuan teknologi luar negeri.

Adanya perbedaan dalam kemampuan ilmu pengetahuan pada umumnya dan teknologi pada khususnya antara kita dan negara yang telah maju, berarti arus informasi dikuasai oleh negara yang telah maju. Tambahan lagi kemampuan mereka untuk menguasai informasi melaju dengan pesat dengan menggunakan teknologi komputer. Dengan ini kesenjangan dalam kemampuan penguasaan informasi antara kita dan mereka makin besar. Jadi, relatif terhadap mereka, kemampuan penguasaan informasi kita makin kurang. Hal ini mengakibatkan perbedaan antara besarnya arus energi dan materi dari kita ke mereka dan dari mereka ke kita makin menjadi besar. Dibandingkan dengan mereka, kita mendapatkan makin sedikit energi dan materi. Dengan lain perkataan kita makin dieksploatasi oleh mereka. Arus dari mereka ke kita hanyalah sekedar atas pertimbangan etis, kalau pun ada, dan pasaran. Karena itu kita lihat, kesenjangan antara kita dan mereka makin besar, bukannya makin kecil. Masalah ini hanya dapat diatasi, apabila kita dapat lebih menguasai arus informasi. Hal ini berarti, kita harus lebih banyak lagi membuat investasi dalam pendidikan, tidak hanya dalam kuantitas, melainkan juga dalam mutu pendidikan. Pendidikan tidak saja bertujuan dapat mengetahui ilmu yang telah dikembangkan, melainkan lebih penting lagi untuk dapat mengembangkan ilmu sendiri.

Perkembangan ilmu dan teknologi didukung oleh filsafat, serta seni dan budaya. Sebaliknya ilmu dan teknologi memberikan umpan balik kepada filsafat, serta seni dan budaya. Keempat unsur itu berinteraksi secara dinamis dan maju atau mundur bersama. Ilmu dan teknologi yang kita kenal sekarang dapatlah disebut ilmu dan teknologi barat.

Landasannya juga filsafat dan kebudayaan barat yang dapat dirunut telah mulai berkembang di Yunani pada abad Sebelum Masehi. Pada waktu itu fase mitis dalam filsafat berkembang menjadi fase ontologi. Dalam fase ontologi manusia sebagai subyek memisahkan diri dari lingkungan sebagai obyek yang ia pelajari. Manusia tidak lagi memandang dirinya bagian lingkungan hidupnya. Terjadilah distansi antara subyek dan obyek. Mitos sebagai landasan berpikir diganti oleh *logos*. Dengan ini berkembanglah ilmu. Perkembangan filsafat, ilmu, teknologi, serta seni dan budaya sampai pada tingkatnya yang sekarang tidaklah berjalan lurus tanpa adanya hambatan. Laju perkembangan yang sangat tinggi terutama terjadi setelah abad ke-16.

Oleh karena perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi barat bersumber pada dan berdasarkan filsafat barat, pertanyaannya ialah dapatkah kita menguasai ilmu dan teknologi itu tanpa menguasai filsafat barat. Menguasai di sini diartikan tidak hanya mengetahui saja, melainkan juga mampu untuk menggali dan mengembangkannya, yang berarti kita harus dapat menghayati juga. Dengan penguasaan itu dapat diperkirakan kebudayaan kita juga akan sangat terpengaruh olehnya. Oleh karena itu timbul pula pertanyaan, maukah kita menguasai filsafat barat? Atau, dapatkah kita menguasainya secara netral, yaitu sebagai ilmuwan memandang filsafat itu sebagai obyek belaka?

Walaupun ilmu dan teknologi sebagian telah masuk ke Indonesia, namun pada umumnya kita belum melepaskan diri dari fase mitis dan melangkah ke fase ontologi. Pada umumnya, secara eksplisit atau implisit, kita masih merasa sebagai bagian lingkungan hidup kita. Subyek tidak terpisah dari obyek. Tidak ada distansi antara subyek dan obyek. Imanensi ini pada umumnya terdapat di kebudayaan timur. Ada orang yang berpendapat, karena tidak adanya kebudayaan ontologi, tidak ada pula filsafat pada kita. Sebab filsafat sifatnya rasional dan logis, sedangkan pemikiran kita tidak dilandasi oleh *logos*. Pada orang Jawa, misalnya, pemikiran didasarkan pada *rasa*. Apabila yang dimaksud dengan berpikir logis itu ialah yang berdasarkan filsafat

barat, pendapat tentang tidak adanya filsafat pada kita itu benar. Tetapi apakah logis itu hanya ada satu jenis? Karena itu apakah sistem filsafat itu hanya satu? Dalam filsafat kita, misalnya Sunda, mengerti tentang sesuatu hal pertama-tama berarti dapat menunjukkan tempat yang diduduki sesuatu hal itu dalam keseluruhannya dan hubungan hal tersebut dengan hal yang lain. Semua hal mempunyai tempatnya dan tak ada satu pun yang berdiri sendiri. Jadi, filsafat kita melihat hal itu sebagai komponen dalam suatu sistem. Pemikiran itu ingin mendapatkan pengertian tentang suatu sistem. Mengetahui tentang *apa* yang ada belumlah berarti mengerti tentang yang ada itu. Orang barulah mengerti tentang yang ada itu, apabila dia tahu *bagaimana* peranan yang ada itu dalam sistem tersebut. Maka pandangan filsafat kita adalah holistis dan fungsionalistis.

Orang berpendapat fase fungsionalisme baru lahir setelah fase ontologi. Padahal orang menyatakan, kita belum menginjak fase ontologi. Hal ini memperkuat pertanyaan apakah hanya ada satu sistem filsafat. Mungkinkah kita mempunyai sistem filsafat, tetapi sistem itu berbeda dengan sistem filsafat barat? Jika kita mempunyai sistem filsafat, dan sistem ini berbeda dengan filsafat barat, dapatkah sistem filsafat kita dipelajari dengan metode yang dipakai untuk mempelajari sistem filsafat barat? Misalnya, nitrogen dan fosfor keduanya unsur kimia. Sifat nitrogen berbeda dari sifat fosfor. Karena itu metode analisis untuk nitrogen tidak dapat dipakai untuk analisis fosfor. Adakah analogi dengan metode penelitian sistem filsafat barat dan sistem filsafat kita?

Kenyataan menunjukkan, ilmu dan teknologi telah berkembang di Cina dan India jauh sebelum abad ke-16, waktu terjadi peningkatan laju yang pesat dalam perkembangan ilmu dan teknologi di Eropa Barat. Ilmu dan teknologi itu, antara lain, ialah produksi tekstil, keramik dan barang logam. Jadi, dengan filsafat timur yang bersifat imanen, ilmu dan teknologi dapat pula berkembang. Teknologi lain yang sangat terkenal dan kini diakui juga di dunia barat ialah teknologi kedokteran tusuk jarum. Tusuk jarum ber-

kembang tidak didasarkan pada ilmu barat tentang morfologi, anatomi dan faal tubuh, melainkan didasarkan pada filsafat Cina *yin* dan *yang*. Dalam filsafat ini diakui adanya kekuatan dalam. Tusuk jarum mengatur arus kekuatan dalam itu.

Dalam filsafat kita diakui juga adanya kekuatan dalam. Karena manusia adalah bagian integral "dunia besar", di dalam dirinya haruslah tersimpan kekuatan "dunia besar" itu. Kekuatan dalam ini dapat pula dikendalikan, misalnya di dalam bela diri Merpati Putih, tarian keris di Bali, tarian debus di Banten, tarian api di Sumatera Barat dan beberapa cara pengobatan.

Bahwa setelah abad ke-16 ilmu dan teknologi timur tersusul dan kemudian tertinggal jauh oleh ilmu dan teknologi barat, tentulah ada sebabnya. Sebab itu harus kita cari dan renungkan. Mungkinkah filsafat timur tidak mampu untuk menumbuhkan struktur ekonomi dan struktur sosial, khususnya struktur politik, yang sesuai untuk mendukung dan mendorong kemajuan ilmu dan teknologi secara pesat? Jika jawabannya ya, dapatkah diadakan koreksi dan penyesuaian? Bagaimana dengan Jepang?

Dengan mengingat kita tidak menguasai filsafat barat, melainkan sebaliknya kita dapat menguasai filsafat kita sendiri, dapatkah kita menggunakan filsafat kita untuk memajukan ilmu dan teknologi? Apabila dapat, bukankah ilmu dan teknologi ini akan lebih sesuai dengan kebudayaan kita? Lagi pula mungkinkah dengan filsafat kita, yang memandang diri kita sebagai bagian integral ekosistem kita, akan lebih mudah untuk dikembangkan pembangunan yang berwawasan lingkungan?

Jika kita pikirkan dalam-dalam, banyak pertanyaan yang perlu dijawab. Jawaban atas pertanyaan itu akan menunjukkan, apakah untuk pengembangan ilmu dan teknologi hanya ada satu alternatif saja melalui filsafat barat, ataukah ada beberapa. Jika ada alternatif lain, mungkin sifatnya tidak eksklusif, dalam arti menyingkirkan ilmu dan teknologi barat, melainkan akan dilakukan secara simultan atau dalam integrasi tertentu dengan ilmu dan teknologi

barat. Sebab ilmu dan teknologi barat sudah terbukti dapat berguna dalam pembangunan dan akan tidak bijaksanalah untuk membuangnya begitu saja.

Pengalaman menunjukkan dengan alih teknologi kita tidak dapat mengejar ketinggalan kita. Bahkan ketinggalan kita dari negara maju makin besar. Untuk dapat mengejar ketinggalan kita haruslah teknologi itu kita rebut. Bahkan dalam bidang tertentu teknologi itu harus kita curi, karena dirahasiakan oleh pemiliknya. Beberapa contoh ialah teknologi canggih dalam elektronika dan komputer, bioteknologi dan nuklir. Para ilmuwan kita yang muda haruslah didorong untuk mau bekerja untuk sementara di mancanegara, khususnya di pusat ilmu dan teknologi yang terkemuka di dunia. Kemajuan mereka kita pantau dan mereka yang berprestasi kita tarik pulang dengan diberi insentif yang menarik, terutama fasilitas yang cukup untuk mengembangkan ilmu dan teknologi yang mereka peroleh dari pusat ilmu dan teknologi yang terkemuka itu. Janganlah mereka terlalu cepat diangkat menjadi birokrat yang diberi beban administrasi yang berat sehingga mereka tidak lagi mempunyai waktu untuk berprestasi dalam ilmu dan teknologi.

6. PENGELOLAAN LINGKUNGAN YANG ADAPTIF

Banyak sekali gangguan yang dapat mengganggu ekosistem tempat hidup kita: iklim yang luar biasa, kegiatan geologi, ekonomi dan politik, dan serangan hama dan penyakit tumbuhan, hewan dan manusia. Banyak di antara gangguan itu tak dapat diramalkan kapan dan di mana akan terjadi, berapa besarnya, dan berapa lamanya. Tanggapan ekosistem terhadap gangguan banyak pula yang tak dapat diramalkan. Misalnya, dengan terjadinya penyuburan air di waduk Jatiluhur terpacu pertumbuhan *Microcystis*, tetapi di waduk Curug, yang letaknya hanya beberapa kilometer di sebelah hilir Jatiluhur, terpacu pertumbuhan eceng gondok dan kayambang. Tanggapan yang berbeda itu belum kita ketahui dengan pasti sebabnya. Karena itu hidup kita menghadapi serba ketidakpastian. Selalu dapat terjadi hal-hal di luar dugaan dan perhitungan. Akan terjadinya hal di luar

dugaan dan perhitungan itulah merupakan hal yang pasti. Karena akan terjadi hal di luar dugaan dan perhitungan, dalam pengelolaan lingkungan kita juga pasti akan membuat kesalahan. Yaitu, dapat dipastikan ada tindakan pengelolaan lingkungan yang tidak sesuai dengan suatu gangguan. Tetapi kita dapat belajar dari gangguan itu. Dalam proses belajar itu, gangguan kita ubah menjadi informasi. Informasi yang kita dapatkan kita gunakan untuk mengoreksi pengelolaan lingkungan kita, agar lebih sesuai dengan kondisi yang ada. Pengelolaan lingkungan yang dapat menyesuaikan diri terhadap kondisi yang berubah-ubah disebut adaptif. Pengelolaan lingkungan yang adaptif memperbesar kementakan kelangsungan hidup sistem yang kita kelola. Dayalenting sistem itu kita pertinggi. Apabila terjadi gangguan, kementakan sistem untuk pulih dipertinggi sehingga pembangunan dapat berkelanjutan.

7. PENGELOLAAN PROYEK PEMBANGUNAN

Pengelolaan proyek pembangunan yang biasa kita lakukan ialah secara sektoral. Misalnya, proyek bendungan untuk PLTA dikelola oleh PLN dan proyek jalan raya oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Proyek yang besar mempunyai aspek yang banyak. Ambil sebagai contoh proyek bendungan. Umur bendungan tergantung oleh laju erosi di daerah hulu dan penyuburan air oleh limbah kota dan desa. Waduk yang terbentuk akan menggenangi desa, sawah, ladang dan jalan. Mungkin pula hutan dan candi akan tergenang. Perkembangan dan sistem pasar rusak. Lapangan pekerjaan banyak yang hilang. Sementara itu banyak orang tidak mau ditransmigrasikan dan ingin tinggal di daerah itu. Karena itu tekanan penduduk terhadap lahan meningkat. Bahaya erosi dan kerusakan tata air bertambah.

Hingga sekarang banyak di antara masalah itu tidak diidentifikasi dan dibiarkan saja. Satu-satunya usaha yang dilakukan ialah transmigrasi. Proyek Saguling telah berusaha untuk mengatasi masalah itu secara komprehensif. Usaha yang baik ini terbentur pada banyak kesulitan. Kesulitan pokok ialah siapa yang bertanggung jawab dan

harus melakukan penanggulangan masalah itu? Misalnya, siapa yang harus melakukan pengendalian erosi di daerah hulu? Siapa yang harus mengusahakan pemukiman kembali penduduk yang tidak mau bertransmigrasi? Jelas PLN tidak dapat melakukan semuanya sendiri, karena keterbatasan biaya dan keterbatasan tenaga ahli. Kecuali itu juga akan bertentangan dengan pembagian tanggung jawab dan tugas aparatur pemerintahan. Karena itu seharusnyalah masing-masing masalah itu menjadi tanggung jawab dinas yang membawahi bidang masalah tersebut. Misalnya pengembangan perikanan untuk pemukiman kembali dilakukan oleh Dinas Perikanan. Kesulitannya ialah masing-masing dinas mempunyai program sendiri-sendiri dan program itu tidak selalu berkaitan dengan proyek Saguling. Atau proyek yang berkaitan dengan Saguling hanya merupakan komponen yang kecil dalam keseluruhan program dinas dan tidak memadai untuk memecahkan masalah yang dihadapi oleh Saguling. Karena itu pemukiman kembali berjalan dengan tersendat-sendat. Masalah yang lain, seperti pengendalian erosi, sama sekali belum tertangani.

Pengelolaan itu menunjukkan perlunya pendekatan yang holistis terhadap pengelolaan proyek pembangunan. Proyek itu haruslah dianggap sebagai komponen dalam ekosistem lingkungan tempat proyek itu dilaksanakan. Komponen lingkungan lainnya yang terkait pada proyek itu harus dimasukkan dalam perencanaan proyek. Hal ini mengharuskan keikut-sertaan Bappeda dalam perencanaan proyek pusat, terutama proyek besar seperti bendungan. Oleh Bappeda hal-hal yang penting yang berkaitan dengan proyek dimasukkan ke dalam rencana kegiatan dan anggaran tahun yang bersangkutan dengan menunjuk dinas yang bertanggung jawab untuk melaksanakannya. Sebagai imbalan terhadap jerih payah Bappeda dan Pemerintah Daerah setempat, proyek harus berusaha untuk menyalurkan sebagian manfaat untuk pembangunan daerah yang ditempati proyek itu. Dengan demikian proyek tidak saja mempunyai arti penting secara nasional dan regional, melainkan juga secara lokal. Proyek menjadi kekuatan pendorong pembangunan

daerah. Pemerataan manfaat pembangunan dapat berjalan lebih lancar. Baik pihak proyek, maupun Pemerintah Daerah saling beruntung. Misalnya, dalam hal bendungan sebagian listrik disalurkan ke daerah tampung waduk dan daerah hulu sungai yang dibendung untuk pengembangan industri yang menciptakan lapangan pekerjaan baru untuk penduduk. Tingkat kehidupan penduduk meningkat. Tekanan penduduk terhadp lahan turun. Erosi berkurang. Keselamatan waduk lebih terjamin.

8. EKO-EFISIENSI

Menurut Hukum Termodinamika ke-2 semua kegiatan, termasuk kegiatan pembangunan, akan menaikkan entropi, yaitu ketidakteraturan. Salah satu bentuk kenaikan entropi ialah pencemaran. Berdasarkan hukum ini industri tidak dapat tidak melepaskan zat pencemar ke dalam lingkungan. Karena itu *zero emission* dalam arti harfiah adalah mustahil. Tetapi walaupun pencemaran tak dapat dihindari, pencemaran itu dapat dikurangi sampai sekecil-kecilnya.

Pencemaran disebabkan oleh limbah. Limbah pada hakekatnya adalah materi yang dalam proses produksi tidak berakhir dalam produk, melainkan terbuang. Dengan meningkatkan efisiensi proses produksi, materi yang terbuang lebih sedikit. Karena lebih sedikit materi yang terbuang, kebutuhan bahan baku per satuan produk juga berkurang sehingga biaya produksi per satuan produk pun berkurang. Dengan menurunnya biaya produksi per satuan produk, keuntungan per satuan produk meningkat. Daya saing perusahaan itupun naik. Pada waktu yang bersamaan karena materi yang terbuang, yaitu limbah, berkurang, dampak lingkungan kegiatan produksi itujuga menurun. Dengan demikian peningkatan efisiensi proses produksi itu mencapai dua hal sekaligus, yaitu menaikkan keuntungan usahawan dan menurunkan dampak terhadap lingkungan. Jadi baik usahawan maupun lingkungan mendapat keuntungan. Manajemen bisnis yang memadukan efisiensi ekonomi dan efisiensi lingkungan disebut eko-efisiensi. Teknologi eko-efisiensi itu meminimalkan jumlah limbah dengan mencegah

terbentuknya limbah yang banyak sehingga proses produksi itu lebih bersih *(cleaner production)*.

Teknologi eko-efisiensi telah banyak diterapkan oleh industri multinasional yang besar. Di Indonesia juga sudah mulai diterapkan. Salah satu contoh yang baik ialah penerapan pengendalian hama terpadu dalam pertanian (lihat halaman 156).

Eko-efisiensi harus dimulai dari pengelolaan rumah tangga yang baik, misalnya, pembukuan bahan yang cermat sehingga tidak ada bahan yang menjadi kadaluwarsa; menjaga terjadinya kebocoran atap gudang sehingga bahan yang disimpan tidak rusak oleh air hujan; mencegah kebocoran pipa air dan minyak serta aliran listrik; mencegah tercecernya bahan dan minyak. Perbaikan pengelolaan rumah tangga yang baik tidak memerlukan banyak investasi uang. Yang diperlukan ialah sumberdaya manusia yang cermat dan berdisiplin.

Bagi industri yang telah berjalan eko-efisiensi dapat dicapai juga dengan memodifikasi proses dan peralatan. Pada umumnya ini memerlukan investasi yang lebih tinggi daripada perbaikan pengelolaan rumah tangga, bahkan modifikasi itu dapat mahal sekali. Karena itu seyogyanya eko-efisiensi dimulai pada tahap perencanaan. Ini berarti bahwa dalam proses industrialisasi seyogyanya sejak dini kita gunakan prinsip eko-efisiensi, walaupun harga beli pabrik yang eko-efisien lebih mahal daripada pabrik tua yang mencemarkan. Pabrik tua itu mencemarkan lingkungan karena dia tidak eko-efisien. Karena tidak eko-efisien biaya produksi per satuan produk tinggi sehingga daya saingnya rendah, terutama di pasar internasional. Biaya sosialnya pun tinggi, misalnya perawatan kesehatan penduduk di sekitar pabrik yang terkena pencemaran. Pengalaman di negara maju menunjukkan, membersihkan lingkungan dari pencemaran juga tidak murah dan tidak mudah.

Eko-efisiensi menunjukkan bahwa pengelolaan lingkungan yang baik akan menguntungkan juga para usahawan. Ini berlawanan dengan citra yang terlanjur terbentuk yang menggambarkan bahwa pengelolaan lingkungan hanyalah menguntungkan lingkungan dan masyarakat, sementara usahawan

dirugikan. Citra ini terbentuk terutama oleh teknologi yang mengolah limbah setelah keluar dari pabrik, yaitu yang disebut teknologi akhir-pipa *(end-of-pipe technology).* Teknologi akhir-pipa memerlukan biaya untuk pembangunan instalasi pengolah limbah dan pengoperasiannya, tetapi tidak membawa keuntungan pada usahawan. Pada teknologi yang eko-efisien diperlukan juga biaya untuk pembangunan instalasi pengolah limbah dan pengoperasiannya, tetapi kapasitas instalasi itu lebih kecil dan biaya pengoperasiannya juga lebih rendah karena jumlah limbah yang terbentuk lebih sedikit.

BAB VII

EKOLOGI KEPENDUDUKAN

1. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai jumlah penduduk yang besar, yaitu menurut Sensus 1991 terdapat hampir 200 juta orang. Jumlah penduduk yang besar itu bertambah pula dengan cepat, walaupun program keluarga berencana (KB) telah dilakukan secara intensif. Menurut perhitungan Sensus 1981, rata-rata laju pertumbuhan penduduk ialah 2,32% per tahun (Gambar 7.1). Apabila laju pertumbuhan ini terus bertahan, penduduk Indonesia akan berlipat dua jumlahnya dalam kira-kira 30 tahun, sehingga dalam tahun 2010 penduduk Indonesia akan menjadi 300 juta orang. Sudah barang tentu hal ini tidak kita harapkan. Program KB berusaha untuk mengurangi laju pertumbuhan penduduk.

Penduduk yang besar itu sebagian besar masih merupakan petani, buruh tani dan orang yang sebagian pendapatannya berasal dari bercocok-tanam. Karena itu kebutuhan akan lahan besar.

Sifat petani Indonesia, di luar sektor perkebunan, ialah petani kecil dengan luas lahan yang sempit. Rata-rata luas lahan kurang dari 0,5 hektar per petani. Karena pertumbuhan jumlah penduduk petani, luas lahan menunjukkan kecenderungan yang makin kecil. Makin banyak pula petani yang tidak mempunyai lahan. Keadaan ini menyebabkan meningkatnya tekanan penduduk terhadap lahan. Artinya, kebutuhan akan lahan garapan terus bertambah. Tetapi luas lahan terbatas, sehingga kemampuan suatu daerah untuk mendukung kehidupan, yaitu yang disebut dayadukung lingkungan, terbatas pula. Karena tekanan



Gambar 7.1. Angka pertumbuhan penduduk di Indonesia masih tinggi. Jumlah penduduk yang meningkat dengan cepat mengakibatkan banyak masalah lingkungan. *Foto Otto Soemarwoto*

penduduk terhadap lahan yang terus meningkat, cepat atau lambat dayadukung lingkungan akan terlampaui.

Dengan bertambahnya jumlah penduduk, sumberdaya lain di samping lahan juga diperlukan dalam jumlah yang meningkat. Hal ini menghadapkan kita pada masalah penyusutan dan habisnya sumberdaya.

Masalah lain yang kita hadapi sebagai akibat bertambahnya penduduk ialah pencemaran lingkungan. Pencemaran itu pertama-tama disebabkan oleh limbah rumah tangga, dan sejajar dengan meningkatnya kegiatan ekonomi juga terjadi pencemaran oleh industri dan transpor.

2. ARTI DAYADUKUNG LINGKUNGAN

Konsep dayadukung lingkungan berasal dari pengelolaan hewan ternak dan satwa liar. Dayadukung itu menunjukkan besarnya kemampuan lingkungan untuk mendukung kehidupan hewan yang dinyatakan dalam jumlah ekor per

satuan luas lahan. Jumlah hewan yang dapat didukung kehidupannya itu tergantung pada biomas (bahan organik tumbuhan) yang tersedia untuk makanan hewan.

Dayadukung dapat dibedakan dalam beberapa tingkat, yaitu *dayadukung maksimum, dayadukung subsisten, dayadukung optimum* dan *dayadukung suboptimum.*

Dayadukung maksimum menunjukkan jumlah maksimum hewan yang dapat didukung per satuan luas lahan. Dengan jumlah hewan yang maksimum, makanan sebenarnya tidak cukup. Walaupun hewan itu masih hidup, tetapi hewan itu tidak sehat, kurus, dan lemah serta mudah terserang oleh penyakit dan hewan pemangsa. Padang penggembalaan akan mengalami kerusakan, karena menjadi padat terinjak-injak; rumput dan tumbuhan lain termakan lebih cepat daripada kemampuan regenerasi. Secara umum lingkungan menjadi rusak dan apabila berjalan terlalu lama, kerusakan itu akan bersifat takterbalikkan.

Pada dayadukung subsisten jumlah hewan agak kurang. Persediaan makanan lebih banyak, tetapi masih pas-pasan saja. Hewan masih kurus dan ada dalam ambang batas antara sehat dan lemah. Mereka masih mudah terserang oleh penyakit dan hewan pemangsa. Lingkungan juga masih mengalami kerusakan.

Pada dayadukung optimum, jumlah hewan lebih rendah dan terdapat keseimbangan yang baik antara jumlah hewan dan persediaan makanan. Kecepatan dimakannya rumput atau tumbuhan lain seimbang dengan kecepatan regenerasi tumbuhan itu. Kondisi tubuh hewan baik: gemuk, kuat dan sehat. Hewan itu tidak mudah terserang oleh penyakit dan hewan pemangsa. Lingkungan tidak mengalami kerusakan.

Pada dayadukung suboptimum jumlah hewan lebih rendah lagi. Persediaan makanan melebihi yang diperlukan. Karena itu kecepatan dimakannya rumput atau tumbuhan lain lebih kecil daripada kecepatan pertumbuhan. Akibatnya, batang rumput dan tumbuhan lain mengayu dan menjadi keras. Mutu padang penggembalaan menurun. Jadi sebenarnya terjadi pula kerusakan. Pada umumnya kerusakan itu bersifat terbalikkan.

Pengelolaan lingkungan mengusahakan untuk mendapatkan populasi hewan pada atau dekat pada dayadukung optimum.

Dayadukung ditentukan oleh banyaknya bahan organik tumbuhan yang terbentuk dalam fotosintesis per satuan luas dan waktu, yaitu apa yang disebut produktivitas primer. Dasar produktivitas primer adalah fotosintesis. Makin tinggi produktivitas primer, makin tinggi pula dayadukung daerah itu, karena makin banyak tersedia bahan organik yang menjadi bahan makanan hewan. Produktivitas primer ditentukan oleh berbagai macam faktor, antara lain, jenis tumbuhan, intensitas cahaya, persediaan air, kesuburan tanah dan suhu.

Berjenis tumbuhan mempunyai laju fotosintesis yang berbeda-beda. Misalnya, padi, kedelai, kacang tanah dan singkong termasuk golongan tumbuhan dengan kecepatan fotosintesis yang rendah. Jagung, tebu dan sorgum termasuk golongan tumbuhan dengan kecepatan fotosintesis yang tinggi. Sampai batas tertentu fotosintesis meningkat dengan kenaikan suhu dan intensitas cahaya. Kenaikan kesuburan tanah juga akan menaikkan produktivitas primer. Dengan demikian sampai batas-batas tertentu dayadukung lingkungan naik dengan kenaikan suhu, intensitas cahaya dan kesuburan tanah.

Konsep dayadukung lingkungan telah diterapkan pula pada populasi manusia. Untuk kelompok manusia yang hidupnya dari mengumpulkan tumbuhan dan berburu, yaitu manusia yang masih primitif, penerapan konsep itu tidak banyak membawa masalah. Yang mereka kumpulkan atau buru mereka makan dan tidak ada yang dijual untuk mendapatkan uang untuk membeli barang yang tidak dimakan. Dayadukung lingkungan itu pada hakekatnya adalah dayadukung lingkungan alamiah, yaitu berdasarkan biomas tumbuhan dan hewan yang dapat dikumpulkan dan ditangkap per satuan luas dan waktu di daerah itu.

Sistem dengan dayadukung lingkungan alamiah disebut sistem tak tersubsidi, karena tidak mendapatkan subsidi energi dari luar sistem itu.

Dengan makin meningkatnya kebudayaan, penerapan

konsep dayadukung itu makin sulit. Pertama, orang mulai melakukan intensifikasi pertanian dengan memasukkan energi dari luar, antara lain pupuk buatan, air irigasi dan zat racun hama. Dengan intensifikasi ini produksi meningkat, sehingga dayadukung juga meningkat. Jadi dayadukung itu sifatnya tidak statis, melainkan dapat meningkat dengan penggunaan teknologi. Tetapi dayadukung yang lebih tinggi itu harus ditopang oleh pemasukan energi dari daerah lain. Sistem yang demikian itu disebut sistem tersubsidi. Eksistensi sistem itu tidak hanya tertumpu pada energi dari daerah itu saja, melainkan juga pada subsidi energi dari luar sistem.

Kesulitan kedua ialah dengan kemajuan kebudayaan, berkembang pula sistem pasar. Apa yang dipanen tidak lagi untuk dimakan saja, melainkan juga untuk dijual. Hasil penjualan itu sebagian digunakan juga untuk membeli barang bukan makanan, misalnya rokok, kosmetika, meja, kursi dan radio. Oleh karena itu dapat terjadi di suatu daerah terdapat produksi bahan makanan yang berlimpah, namun penduduknya mengalami kurang gizi. Sebaliknya dapat pula terjadi di suatu daerah tidak ditanam bahan makanan, melainkan tanaman perdagangan yang bernilai ekonomi tinggi, misalnya tembakau. Tembakau itu dijual dan hasil penjualan dipakai untuk membeli bahan makanan. Lebih ekstrem lagi ialah daerah yang hidupnya tidak dari pertanian, melainkan dari industri. Di daerah itu tidak diproduksi biomas, namun orang dapat hidup juga, yaitu dari pendapatan yang diperoleh dari industri. Dalam sistem ini orang tidak lagi hidup dari energi biomas yang diproduksi di daerah itu, melainkan dari energi BBM dan listrik, serta bahan makanan yang didatangkan dari luar sistem itu. Kota-kota besar, seperti Jakarta, Singapura dan New York, merupakan contoh sistem yang dapat mendukung kehidupan manusia pada kepadatan penduduk yang tinggi, walaupun tidak ada pertanian di dalam kota itu.

Dengan uraian di atas itu jelaslah penerapan konsep dayadukung lingkungan pada populasi manusia haruslah dilaku-

kan dengan hati-hati. Harus jelas pada kondisi apa dayadukung itu dimaksudkan.

3. DAYADUKUNG LINGKUNGAN AGRARIS

Konsep dayadukung lingkungan paling mudah diterapkan pada sistem agraria yang masih sederhana. Dalam sistem itu populasi manusia hidupnya tertumpu pada pertanian dalam arti luas, termasuk peternakan dan perikanan, dan belum berkembang teknologi modern serta sistem ekonomi pasar. Dalam keadaan ini yang kita tinjau adalah dayadukung lingkungan alamiah, yaitu sistem yang taktersubsidi. Banyak ahli telah mempelajari hal ini dan telah dikembangkan beberapa rumus matematik untuk memperkirakan dayadukung lingkungan itu.

Pada dasarnya dayadukung itu tergantung pada persentasi lahan yang dapat dipakai untuk pertanian dan besarnya hasil pertanian per satuan luas dan waktu. Makin besar persentasi lahan yang dapat dipakai untuk pertanian, makin besar dayadukung daerah itu. Persentasi lahan itu ditentukan oleh kesesuaian tanah untuk pertanian, kebutuhan lahan untuk keperluan lain di luar sektor pertanian dan adanya penyakit hewan atau penyakit manusia yang berbahaya.

Tanah dapat tidak sesuai untuk pertanian karena sifat kimianya, misalnya kandungan unsur hara yang rendah, tingkat keasaman yang tinggi (pH-nya rendah) dan mengandung zat beracun. Dapat juga karena sifat fisik, misalnya berbatu-batu, terendam air atau kekurangan air, dan kemiringan lereng yang besar. Karena daerah di luar Jawa banyak yang berupa rawa atau mempunyai sifat kimia yang tidak baik untuk pertanian, persentasi daerah yang sesuai untuk pertanian lebih rendah dari di Jawa, dan karena itu dayadukung umumnya juga lebih rendah. Perkecualian tentu ada. Misalnya, sebagian daerah di Sumatera Barat dan Sulawesi Utara mempunyai dayadukung yang tinggi. Sebaliknya ada pula daerah di Jawa yang mempunyai dayadukung yang rendah, misalnya Solo Selatan dan Yogyakarta Selatan. Jawa Barat yang mempunyai lebih banyak gunung de-

ngan lereng yang terjal daripada Jawa Tengah, juga mempunyai dayadukung yang lebih rendah daripada Jawa Tengah.

Untuk hidupnya, manusia juga membutuhkan lahan untuk keperluan yang lain dari pertanian. Misalnya, untuk pemukiman, jalan, kuburan dan gedung umum, seperti sekolah dan mesjid. Ironinya, makin tinggi kepadatan penduduk, sehingga dibutuhkan makin banyak pangan, makin banyak pula kebutuhan lahan di luar pertanian. Karena itu dengan kenaikan kepadatan penduduk itu umumnya justru terjadi penurunan dayadukung lingkungan.

Adanya penyakit hewan atau penyakit manusia yang berbahaya di suatu daerah juga menyebabkan menurunnya persentasi lahan yang dapat digunakan untuk pertanian. Misalnya, daerah yang populasi nyamuk malarianya tinggi, tidak disukai orang untuk diusahakan sebagai lahan pertanian, sebab risiko mendapatkan penyakit malaria tinggi. Hal ini dapat terlihat dari berita tentang larinya transmigran dari daerah demikian itu.

Di luar Jawa masih banyak daerah yang belum bebas malaria. Juga penyakit lain, misalnya kaki gajah. Karena itu dari segi ini pun dayadukung lingkungannya lebih rendah dari Jawa.

Hasil pertanian per satuan luas dan waktu ditentukan oleh iklim, kesuburan tanah, dan sistem pertaniannya. Untuk Indonesia faktor iklim yang terpenting ialah curah hujan. Suhu hanya penting untuk pertanian di daerah pegunungan di atas 1.000 m di atas permukaan laut. Di Jawa, musim hujan makin pendek bila kita bergerak dari Jawa-Barat ke Jawa Timur. Oleh karena itu pada umumnya, jika tak ada pengairan, produksi pertanian makin ke timur makin berkurang. Di Jawa Barat banyak daerah dapat menanam padi dua kali setahun dengan mengandalkan hujan, atau satu kali padi dan satu kali palawija. Tetapi makin ke timur makin banyak daerah yang hanya dapat ditanami satu kali setahun, yaitu dalam musim hujan, dan dalam musim kemarau lahan tidak ditanami apa-apa. Dengan demikian dari segi iklim secara umum dapat dikatakan bahwa dayadukung lingkungan di Jawa menurun dari

barat ke timur. Dayadukung yang lebih rendah lagi didapatkan di Nusa Tenggara yang mempunyai musim hujan yang pendek dan musim kemarau yang panjang.

Kesuburan tanah sangat menentukan besarnya produksi pertanian. Di Indonesia kesuburan tanah berkaitan erat dengan kegiatan volkanisme. Di Jawa dengan banyak gunungapinya yang aktif, kesuburan tanahnya tinggi. Demikian pula Bali. Di Sumatra daerah yang bergunungapi lebih sedikit dari di Jawa. Umumnya kesuburan tanahnya juga lebih rendah dari Jawa. Kalimantan yang tidak mempunyai gunungapi yang bekerja, umumnya kesuburan tanahnya rendah. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dari segi kesuburan tanah daerah di luar Jawa dan Bali umumnya dayadukungnya lebih rendah dari Jawa dan Bali.

Sistem pertanian sangat berkaitan dengan iklim dan kesuburan tanah. Seperti telah diuraikan di muka, di daerah dengan musim hujan yang pendek dan musim kemarau yang panjang, orang hanya dapat menanam satu kali setahun. Sisa waktunya tidak dapat digunakan. Daerah dengan sistem penanaman sekali setahun mempunyai dayadukung lebih rendah daripada daerah dengan sistem penanaman dua kali setahun.

Di daerah yang kesuburannya rendah, orang mengembangkan sistem tebas-bakar atau perladangan berpindah. Dalam sistem ini sebidang hutan ditebang, kayu dan seresah dibakar dan ditanamilah tempat yang dibuka itu. Setelah dua atau tiga kali panen, tempat itu ditinggalkan. Sebidang hutan yang lain dibuka untuk ditanami selama dua atau tiga tahun. Demikianlah petak pertanian itu berpindah-pindah di dalam hutan. Setelah 25 tahun atau lebih orang kembali lagi ke tempat semula yang sementara itu telah pulih menjadi hutan. Sistem perladangan berpindah, karena membutuhkan waktu istirahat yang lama, mempunyai produksi per satuan luas dan waktu yang rendah. Dayadukung lingkungan di daerah itu rendah. Sistem perladangan berpindah banyak terdapat di luar Jawa, misalnya di Sumatera dan Kalimantan. Di Jawa hanya terdapat di bagian kecil Jawa Barat dan disebut sistem huma. Karena itu dari segi sistem

pertaniannya, daerah luar Jawa juga mempunyai dayadukung yang lebih rendah dari Jawa.

Dari uraian di atas, dengan tidak mengabaikan adanya perkecualian, secara umum dapatlah dikatakan dayadukung lingkungan alamiah di luar Jawa lebih rendah dari Jawa. Oleh karena itu kepadatan penduduk yang dapat didukung dengan pertanian di luar Jawa lebih rendah pula dari di Jawa. Kenyataan ini haruslah kita perhatikan dalam rencana pembangunan luar Jawa. Adanya kepadatan penduduk yang rendah di luar Jawa tidak dapat diartikan daerah itu dapat menerima penduduk dalam jumlah yang besar tanpa adanya usaha untuk menaikkan dayadukung.

4. KEPADATAN PENDUDUK

Secara alamiah dayadukung lingkungan sangat erat berkaitan dengan kepadatan penduduk. Hal ini telah banyak dipelajari, misalnya di Afrika, kepulauan atol di Lautan Pasifik dan Papua Niugini. Penelitian itu menunjukkan di dalam masyarakat terdapat cara atau pranata untuk mengatur laju pertumbuhan penduduk, agar kepadatan penduduk tetap ada di bawah dayadukung lingkungan. Meskipun demikian, sering tidak ada bukti nyata pranata itu mempunyai tujuan khusus untuk mengatur laju pertumbuhan penduduk. Karena itu lebih tepat untuk menyatakan ada pranata yang mempunyai efek pengaturan terhadap laju pertumbuhan penduduk. Pranata itu ada yang menurut ukuran kita sekarang kejam, biadab atau tidak sesuai lagi, ada pula yang bersifat beradab atau sesuai. Beberapa contoh.

Di beberapa masyarakat terdapat adat untuk membunuh anak, yaitu yang disebut infantiside. Misalnya, orang merasa tercela, apabila anak pertamanya bukan laki-laki. Karena itu bayi perempuan yang lahir sebelum ada seorang anak laki-laki, dibunuh. Dengan adanya adat ini pertumbuhan penduduk akan terhambat.

Efek penghambatan pertumbuhan penduduk yang lain ialah oleh dominasi seks yang terwujud antara lain dalam poligami. Walaupun dengan poligami seorang ayah dapat mempunyai anak banyak, tetapi rata-rata per wanita dalam

keluarga poligami itu jumlah anaknya kurang dari di dalam keluarga yang tidak berpoligami. Hal ini mudah dapat dilihat karena umumnya isteri yang beranak adalah yang baru. Yang sudah lama, walaupun masih muda, tidak lagi beranak. Demikian pula jika dihitung per pasang laki-laki atau wanita di dalam populasi, rata-rata jumlah anak akan lebih kecil di dalam sistem poligami daripada di dalam sistem tidak poligami. Makin besar jumlah isteri seseorang, makin besar efeknya. Misalnya, Sultan Hamengku Buwana II dengan 4 orang permaisuri dan 36 orang isteri mempunyai 80 orang anak. Jadi rata-rata 2 anak per permaisuri dan isteri. Sunan Paku Buwana X dengan 2 orang permaisuri dan 42 orang isteri mempunyai 66 orang anak. Jadi rata-rata hanya 1,5 orang anak permaisuri dan isteri.

Peperangan juga mempunyai efek menurunkan kepadatan penduduk. Peperangan selalu terjadi, baik antara bangsa yang masih primitif maupun antara bangsa yang modern. Peperangan yang modern menyebabkan kematian dalam jumlah yang lebih besar dari peperangan dengan senjata yang primitif. Masih menjadi perdebatan apakah kepadatan penduduk yang berlebih merupakan dorongan untuk terjadinya peperangan. Beberapa penelitian di Papua Niugini menunjukkan hal demikian.

Contoh di atas menunjukkan cara pengaturan kepadatan penduduk yang tidak dapat kita terima. Contoh pranata yang masih dapat kita terima ialah, antara lain, merantau, penggunaan jamu, dan beberapa jenis pantangan atau tabu.

Kebudayaan merantau terdapat di banyak masyarakat. Ada yang sifatnya menetap, yaitu orang meninggalkan tempat kelahirannya dan tidak kembali lagi. Ada pula yang sifatnya sirkuler, yaitu meninggalkan tempat kelahirannya untuk beberapa waktu dan kemudian kembali lagi. Penelitian di kepulauan atol di Lautan Pasifik, misalnya, mengungkapkan, apabila kepadatan penduduk mencapai suatu batas tertentu sebagian penduduknya terdesak dan merantau. Perantauan orang Cina berkaitan pula dengan kepadatan penduduk.

Orang Minangkabau di Sumatera Barat mempunyai ke-

budayaan merantau sirkuler, yang nampaknya mempunyai kecenderungan untuk berubah menjadi perantauan yang menetap. Perantauan sirkuler mempunyai efek penurunan laju pertumbuhan penduduk, paling sedikit untuk masyarakat di daerahnya, karena umur perkawinan tertunda.

Pemerintah dapat pula mendorong perantauan untuk mengurangi kepadatan penduduk di suatu daerah, agar lebih sesuai dengan dayadukung lingkungan daerah tersebut. Program transmigrasi bermula pada pemikiran ini, yaitu mengurangi kepadatan penduduk di Jawa dengan memindahkan penduduk Jawa ke luar Jawa yang kepadatan penduduknya masih rendah. Akan tetapi kemudian ternyata hal ini tidak mungkin, karena pada kepadatan dan laju pertumbuhan penduduk yang sekarang setiap tahun akan harus dipindahkan lebih dari 2 juta orang dari Jawa. Padahal dalam Pelita III, jadi selama lima tahun, sasaran transmigrasi adalah 500.000 kepala keluarga, atau kira-kira 2,5 juta jiwa. Jadi, jauh lebih kecil dari pertambahan penduduk di Jawa dalam periode waktu yang sama.

Penggunaan jamu untuk mengurangi kesuburan wanita terdapat di banyak tempat. Penelitian ilmiah kini banyak dilakukan untuk menemukan zat aktif di dalam jamu itu. Zat aktif itu, atau zat yang menyerupai dan yang mempunyai efek yang serupa, diusahakan untuk ditiru dan diproduksi secara masal dengan teknologi modern. Zat-zat inilah yang digunakan dalam pengaturan laju pertumbuhan penduduk. Selain itu juga digunakan alat lain seperti spiral, kondom dan dengan operasi sterilisasi.

5. TRANSMIGRASI

Transmigrasi merupakan perpindahan penduduk yang diprakarsai oleh Pemerintah. Ia dimulai semasa pemerintahan kolonial Belanda sebelum perang dunia ke-2. Pada waktu itu disebutnya kolonisasi, yang berarti membuat koloni di luar Jawa. Setelah kemerdekaan namanya diganti menjadi transmigrasi.

Pada mulanya transmigrasi seluruhnya diprakarsai dan dibiayai oleh Pemerintah. Diharapkan lambat-laun rakyat

akan melakukannya dengan inisiatif dan biaya sendiri, yaitu yang disebut transmigrasi spontan. Kenyataan memang menunjukkan adanya transmigrasi spontan. Secara keseluruhan transmigrasi spontan masih merupakan bagian kecil.

Dalam program transmigrasi hal yang masih kurang diperhatikan ialah bahwa kepadatan penduduk yang rendah di luar Jawa ada sebabnya, yaitu dayadukung yang rendah. Dengan adanya dayadukung yang rendah, kepadatan penduduk yang dapat didukung di luar Jawa yang didasarkan pada pertanian lebih rendah dari di Jawa. Dapat pula dikatakan untuk menghidupi keluarganya, seorang petani memerlukan lahan yang lebih luas dari di Jawa. Untuk mengolah lahan yang lebih luas itu, ia perlu mengubah teknologi pertaniannya dengan menggunakan alat yang lebih modern. Akan tetapi petani transmigrasi tidak mendapatkan alat modern, sehingga dengan tenaganya dan tenaga keluarganya tidak mampu untuk menggarap lahan yang lebih luas. Petani yang demikian itu tidak dapat memperbaiki nasibnya secara berarti. Mereka masih harus berburuh atau melakukan pekerjaan lain untuk menambah penghasilannya. Kecuali itu juga terjadi kerusakan lahan, yaitu terjadinya padang alang-alang. Petani yang dapat menaikkan tingkat kehidupannya secara berarti ialah mereka yang mampu menguasai dan menggarap lahan yang lebih luas, walaupun cara bercocok-tanamnya umumnya masih bersifat ekstensif.

Karena dayadukung yang rendah itu dikhawatirkan transmigrasi yang didasarkan pada pertanian yang tradisional akan merupakan pengulangan proses yang telah terjadi di Jawa, dengan kecepatan yang lebih besar dan konsekuensi yang lebih parah, walaupun kepadatan penduduknya tidak atau belum mencapai tingkat di Jawa. Di Lampung misalnya, dengan kepadatan penduduk rata-rata 139 orang per km^2, sedangkan di Jawa rata-rata 690 orang per km^2, telah terjadi kerusakan lingkungan yang parah.

Transmigrasi spontan dapat mempercepat dilampauinya dayadukung lingkungan dan terjadinya kerusakan lingkung-

an. Suatu kerugian transmigrasi spontan ialah umumnya tidak terencana. Misalnya, di Lampung transmigrasi spontan telah cukup besar. Mungkin karena Lampung telah lama digunakan sebagai tempat transmigrasi dan telah dikenal oleh kalangan luas di Jawa, serta tempatnya yang tidak jauh dan mudah dicapai dari Jawa. Akibatnya terjadi pertumbuhan penduduk yang besar. Suatu contoh yang memperlihatkan hal ini dengan jelas ialah di Lampung Selatan. Di DAS Hulu Way Sekampung, di daerah genangan waduk Batutegi yang sedang direncanakan, laju rata-rata pertumbuhan penduduk antara 1970 dan 1980 ialah 12,13%. Desa Way Harung dan desa Datar Lebuay laju pertumbuhan penduduknya berturut-turut 22,19% dan 18,06%. Dalam periode yang sama hutan primer di DAS Hulu Way Sekampung berkurang dari 22.000 hektar, yang merupakan 51,9% luas daerah, menjadi 3.000 hektar atau 7,1% luas daerah. Sebaliknya hutan sekunder bertambah dari 500 hektar (1,2%) menjadi 1.000.hektar (2,4%); hutan yang rusak bertambah dari 2.500 hektar (5,9%) menjadi 5.000 hektar (11,8%), dan padang alang-alang dari 5.000 hektar (11,8%) menjadi 9.000 hektar (21,2%). Para transmigran spontan banyak menggunakan kawasan hutan itu untuk perkebunan dan tegalan dengan cara yang tidak baik, yaitu tanpa sengkedan dan dengan cara penyiangan bersih. Di daerah itu tidak banyak sawah. Sebagai akibatnya daerah itu telah menderita erosi yang parah. Banjir bandang juga telah melanda Lampung.

Untuk mengatasi masalah ini Pemerintah Daerah Lampung telah melakukan transmigrasi lokal dengan memindahkan penduduk dari Lampung Selatan ke Lampung Utara. Mengingat arus transmigrasi spontan sukar untuk dibendung, dikhawatirkan proses di Lampung Selatan akan berulang di Lampung Utara, sedangkan daerah yang telah dikosongkan di Lampung Selatan akan diisi lagi oleh transmigran baru. Kiranya amatlah sulit untuk menjaga daerah yang luas dari serbuan orang yang haus lahan garapan. Pemecahan masalah harus dicari bukan dengan membendung transmigran spontan karena mereka memang diperlukan,

melainkan dengan mengembangkan pola transmigrasi yang dapat mendukung kepadatan penduduk yang tinggi pada tingkat hidup yang layak disertai dengan perencanaan wilayah yang cermat.

Untuk menaikkan dayadukung lingkungan diperlukan subsidi energi, yaitu pemasukan energi dari tempat lain. Pemerintah telah melakukan hal ini, antara lain dengan mengatur tata air di daerah pasang-surut, pembuatan saluran pengairan di daerah lahan kering, dan penggunaan pupuk, pestisida dan jenis unggul. Akan tetapi karena dayadukung lingkungan yang rendah, nampaknya masukan itu belumlah cukup untuk menaikkan tingkat hidup petani rata-rata sampai pada tingkat yang layak. Yang diartikan dengan hidup layak bukanlah sekedar cukup pangan, rumah dan pakaian, melainkan juga dapat menyekolahkan anak, menambah pengetahuan sendiri, dan mempunyai waktu serta mampu untuk melakukan kegiatan sosial, seni, filsafat, agama dan rekreasi. Tingkat yang layak inilah yang seyogyanya dijadikan sasaran dalam transmigrasi. Dengan tingkat yang layak orang dapat bekerja penuh di lapangan pekerjaannya, tanpa harus mencari tambahan pendapatan ke sana ke mari. Paceklik juga tidak ada lagi.

Perkebunan Inti Rakyat (PIR) adalah salah satu alternatif untuk mencapai tujuan itu. Subsidi energi dalam PIR lebih tinggi dari dalam pertanian tradisional, yaitu dalam bentuk pupuk, pestisida, teknologi dan bahan bakar minyak. Apabila dapat dikelola baik dengan kulturteknik, pemrosesan dan pemasaran yang dapat dikuasai dengan baik pula, ada kemungkinan para petani akan dapat menaikkan tingkat hidupnya sampai pada tingkat yang layak. Namun nampaknya dalam PIR proses terbentuknya petani yang berjiwa wiraswasta akan terjadi dengan lamban. Oleh karena itu dengan PIR belum dapat diharapkan terbentuknya masyarakat petani yang dinamis dan modern, walaupun PIR dapat merupakan jembatan penumbuhan petani yang tradisional ke petani yang modern.

Alternatif lain ialah perusahaan pertanian yang besar, misalnya 25—50 hektar atau lebih, yang menggunakan alat-

alat berat, seperti traktor. Modal dan masukan energi yang besar diperlukan untuk perusahaan demikian itu. Untuk perusahaan itu diperlukan tenaga yang terdidik dan trampil dalam teknik dan pengelolaan. Karena itu dalam fase persiapannya diperlukan pendidikan dan latihan yang cermat. Hanya orang muda, misalnya yang berumur antara 20 dan 35 tahun, yang dapat disiapkan untuk ini. Perusahaan pertanian besar yang modern, mempunyai luas lahan per petani yang besar. Tetapi karena produksi per luas lahan dan per orang tinggi, perusahaan itu dapat menghidupi banyak orang. Apabila berhasil, jumlah petani dapat sangat dikurangi, dan sisanya dapat disalurkan ke sektor non-pertanian, antara lain, perusahaan yang melayani mesin pertanian, perdagangan pestisida, pupuk dan hasil pertanian, dan industri pasca-panen. Dengan demikian tekanan petani terhadap lahan dapat dikurangi, sehingga kerusakan lingkungan dapat dihindari, apabila usaha ini dikaitkan dengan industrialisasi. Alternatif ini memberikan kemungkinan terbentuknya masyarakat petani yang modern, berwiraswasta dan dinamis.

Alternatif lain lagi ialah perusahaan yang sangat intensif dalam modal dan energi. Karena intensitasnya yang tinggi, tidak diperlukan lahan yang luas. Misalnya, perusahaan kolam air deras di Jawa Barat. Perusahaan yang luasnya hanya 50 m^2 dapat memberikan pendapatan yang sangat tinggi kepada petani ikan. Contoh lain ialah perusahaan tanaman anggrek dan pemeliharaan ayam ras. Dengan lahan yang sempit juga didapatkan penghasilan yang tinggi. Usaha demikian dapat dikembangkan di daerah transmigrasi yang dekat kota besar, misalnya di Lampung dengan Jakarta sebagai daerah pemasaran, dan di Riau dengan kemungkinan pemasaran ke Singapura. Usaha yang padat modal dan energi ini dapat sangat mengurangi tekanan penduduk terhadap lahan. Pendidikan dan latihan yang baik juga diperlukan, karena diperlukannya tenaga yang trampil dalam teknik, pengelolaan, dan pemasaran. Untuk itu tenaga mudalah yang memberikan kemungkinan untuk berhasil.

Oleh karena jumlah orang yang harus ditransmigrasikan besar, alternatif-alternatif itu haruslah dikaitkan dengan in-

dustrialisasi, baik yang menggunakan bahan mentah hasil pertanian, misalnya buah-buahan, karet dan minyak kelapa sawit, maupun bahan lain, misalnya logam dan petrokimia. Industri itu sebagian akan bersifat padat modal, sebagian lagi padat karya. Sebagian lokasinya di kota dan sebagian lagi di pedesaan. Tenaga untuk ini haruslah terdidik dan berketrampilan, agar mereka tidak sekedar menjadi pekerja dengan upah yang rendah. Karena itu persiapan para transmigran harus dilakukan dengan seksama. Calon transmigran itu dapat diambil dari lulusan SLP dan SLA yang sekarang sudah mulai banyak terdapat di daerah pedesaan. Dalam jangka panjangnya pendidikan untuk tenaga trampil harus ditangani dengan lebih mendasar, antara lain dengan lebih mengembangkan sekolah kejuruan seperti Sekolah Teknik, dan Sekolah Teknik Menengah.

Industri tidak lagi secara langsung tergantung pada energi matahari, melainkan pada BBM, batubara, gas alam dan listrik. Dengan bahan bakar yang padat energi itu, industri dapat mendukung kepadatan penduduk yang sangat tinggi, sehingga dapat sangat membantu menurunkan tekanan penduduk terhadap lahan. Sudah barang tentu pengembangan industri harus didasarkan pada perencanaan yang masak, antara lain tentang lokasinya, pencegahan pencemaran, dan pemukiman karyawannya, agar tidak menimbulkan masalah yang pelik seperti sekarang banyak kita lihat di banyak daerah industri di kota-kota.

Apabila kita bandingkan berturut-turut pertanian yang tradisional, PIR, perusahaan pertanian yang padat modal dan energi, serta industri, kita lihat makin besarnya keperluan akan tenaga trampil, modal dan energi, tetapi sebaliknya makin rendah kebutuhan akan lahan. Jadi yang menentukan dapatnya dicapai tingkat hidup yang layak, bukanlah luas lahan. Menurunnya kebutuhan lahan dimungkinkan oleh substitusi energi matahari yang difus dengan bahan yang padat kandungan energinya, yaitu BBM, gas alam, batubara, listrik, pupuk dan pestisida, serta energi bermutu tinggi, yaitu pengetahuan dan ketrampilan transmigran.

Pandangan tentang pola transmigrasi ini sesuai dengan kebijaksanaan Pemerintah, yaitu transmigrasi sebagai alat pembangunan. Karena pembangunan tidak terbatas pada bidang pertanian, bahkan sebenarnya potensi pembangunan yang besar di luar Jawa terletak di sektor non-pertanian, transmigrasi harus pula diintegrasikan ke dalam pembangunan secara luas. Macam-macam alternatif itu harus dikaji menurut kondisi masing-masing tempat dan dipilih alternatif atau kombinasi alternatif yang sesuai untuk kondisi setempat itu. Bila transmigrasi itu dapat memacu pembangunan di luar Jawa, transmigrasi spontan juga akan dipacu oleh tersedianya lapangan pekerjaan baru, terutama apabila pengangkutan laut yang murah dan aman dapat mendukungnya. Transmigrasi tidak lagi ditakuti, melainkan justru menjadi pusat tarikan. Sebab pengalaman menunjukkan orang dari Jawa tidak segan-segan untuk bermigrasi ke luar Jawa, apabila diketahuinya ada kesempatan kerja. Untuk menghindari kesulitan yang ditimbulkan oleh arus transmigrasi spontan yang besar, sedini mungkin harus dilakukan perencanaan yang masak tentang pemukiman mereka. Ibaratnya, "ada gula ada semut". Dengan menempatkan "gula" secara berencana, arus "semut" juga dapat menjadi berencana. Dengan menempatkan industri sebagai "gula" di daerah yang potensial dan yang ekologis kuat serta mampu menerima banyak penduduk, aliran transmigran spontan kita arahkan ke daerah yang tidak mudah rusak. Sebaliknya di daerah yang rentan, yang ingin kita cagar, tidak dibangun industri. Transmigran pun tidak mengalir ke situ. Peranan Pemerintah setahap demi setahap berubah dari penyelenggara transmigrasi menjadi perencana dan pengatur transmigrasi.

Pergeseran dari pola transmigrasi yang sistem produksinya hampir seluruhnya tergantung pada energi matahari, ke pola transmigrasi yang makin banyak menggunakan energi bukan matahari, tentulah tidak tanpa kesulitan. Banyak masalah yang harus dipecahkan, antara lain, pendidikan calon transmigran, perubahan sosial budaya, peranan transmigran yang lebih tua, dan pencemaran lingkungan. Namun pergeseran itu diperlukan, apabila kita ingin meng-

hindari terulangnya proses di Jawa. Di Jawa tekanan penduduk terhadap lahan terus meningkat. Akibatnya terjadilah kerusakan lingkungan yang berupa erosi tanah dan sumberdaya gen, kerusakan tata air dan urbanisasi yang tak terkendalikan. Kita tidak ingin kerusakan itu terulang di luar Jawa. Sedini mungkin harus diusahakan pencegahannya.

6. KERUSAKAN LINGKUNGAN

Walaupun di dalam masyarakat terdapat mekanisme untuk mengatur laju pertumbuhan dan kepadatan penduduk, namun kenyataan menunjukkan di banyak tempat terdapat tanda kepadatan penduduk telah melampaui dayadukung lingkungan. Hal ini terlihat dengan jelas di Jawa. Di luar Jawa di banyak tempat sebenarnya juga terjadi hal yang serupa, walaupun kepadatan penduduknya rendah. Tanda-tanda dilampauinya dayadukung lingkungan ialah kerusakan lingkungan. Kerusakan lingkungan terjadi di kota maupun di pedesaan.

6.1. Kerusakan lingkungan kota

Migrasi penduduk merupakan salah satu mekanisme untuk menjaga agar kepadatan penduduk tidak melampaui dayadukung lingkungan suatu daerah. Salah satu migrasi yang kini banyak terjadi ialah migrasi dari desa ke kota yang umum disebut urbanisasi. Proses urbanisasi tidak hanya terjadi di Indonesia, melainkan di banyak kota di seluruh dunia. Di Indonesia urbanisasi terjadi di mana-mana. Proses itu umumnya makin kuat, makin besar suatu kota. Misalnya, arus urbanisasi di Jakarta lebih besar dari di Bandung, dan di Bandung lebih besar dari di Ciamis. Kota kecil di pelosok tidak atau sedikit mengalami urbanisasi. Kota itu diliwati oleh atau hanya menjadi tempat persinggahan saja arus urbanisasi. Contohnya ialah Wanagiri dan Wanasari di Pegunungan Seribu di Jawa Tengah Selatan. Arus urbanisasi yang besar dari daerah itu menuju ke Yogyakarta, Surakarta dan Jakarta dengan meliwati saja Wanagiri dan Wanasari. Bahkan banyak yang menggunakan Yogyakarta dan

Surakarta sebagai tempat persinggahan saja atau batu loncatan.

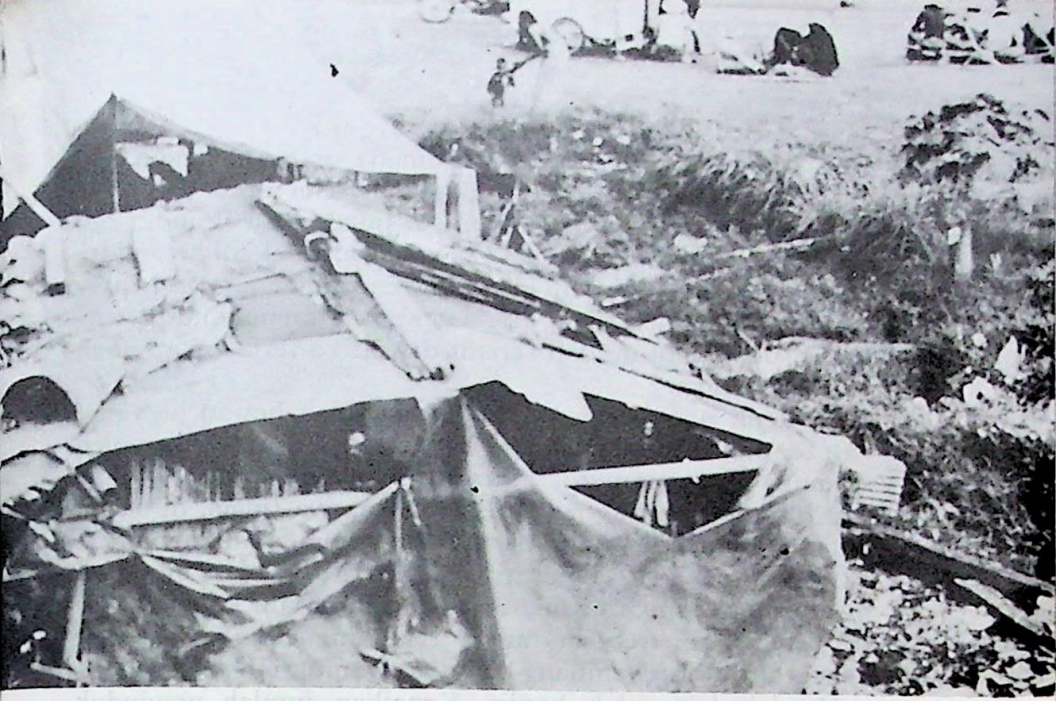
Urbanisasi sering disebutkan sebagai hasil dua kekuatan besar, yaitu pada satu pihak dorongan dari desa dan pada lain pihak tarikan dari kota. Dorongan dari desa ialah kepadatan penduduk yang melampaui dayadukung lingkungan, sehingga pangan tidak mencukupi dan lingkungan mengalami kerusakan. Dorongan ini disebut tekanan penduduk. Mereka yang tidak menyerah pada nasib lalu mencari kesempatan baru di tempat lain, umumnya di kota.

Dorongan lain untuk meninggalkan desa dapat juga buruknya keamanan dan bencana alam. Kedua faktor ini mempunyai aspek ekologi yang lain dari kepadatan penduduk. Kedua faktor ini juga mempunyai efek negatif terhadap dayadukung lingkungan.

Kota dari banyak segi mempunyai mutu lingkungan yang lebih baik dari desa, walaupun ada pula segi yang lebih buruk dari desa. Misalnya, pelayanan kesehatan dan sekolah, serta kesempatan kerja lebih baik daripada di desa. Terutama karena lapangan pekerjaan yang sangat langka di desa, berita tentang adanya kesempatan kerja di kota merupakan daya tarik yang besar bagi orang desa. Di samping itu ada citra, orang kota mempunyai kedudukan sosial yang lebih tinggi dari orang desa.

Urbanisasi telah mengakibatkan banyak masalah yang pelik. Di desa, orang desa mempunyai kearifan ekologi tertentu yang diperolehnya dalam proses adaptasi yang panjang dari generasi ke generasi. Akan tetapi lingkungan kota sangatlah berbeda dengan lingkungan desa. Karena itu adaptasi yang diperolehnya di desa tidaklah sesuai untuk digunakan di kota.

Salah satu masalah yang berat ialah menurunnya sanitasi. Hal ini disebabkan oleh naiknya kepadatan penduduk di kampung. Jumlah rumah menjadi tidak cukup dan orang membangun rumah yang sangat sederhana yang sering tidak dapat disebut sebagai rumah. Misalnya, ada rumah yang besarnya hanya beberapa meter persegi saja, tingginya satu meter, terbuat dari plastik dan menempel pada tembok



Gambar 7.2. Perkampungan liar di kota. Arus urbanisasi yang besar menyebabkan tumbuhnya rumah dengan kualitas yang sangat rendah dan menurunnya sanitasi lingkungan. *Foto: Otto Soemarwoto*

halaman orang (Gambar 7.2.). Ada pula yang bermukim di bawah jembatan. Tempat pemukiman yang demikian tentulah tidak manusiawi. Rumah itu tidak mempunyai jamban, sumber air bersih dan tempat pembuangan sampah. Kebiasaan di desa untuk membuang air besar di mana-mana dilakukan pula di sini. Tetapi daurulang sampah tidak ada di kota. Akibatnya beban sampah atau limbah kepada lingkungan naik sekali. Padahal pelayanan sanitasi di banyak kota tidak bertambah, atau bahkan menurun karena adanya kerusakan riol. Misalnya, di kebanyakan kota riol jumlahnya tidak bertambah. Yang ada itu pun sebagian mengalami kerusakan. Kenaikan beban limbah, terutama sampah padat, menyebabkan banyak riol yang tersumbat, sehingga tidak dapat lagi melakukan fungsinya dengan baik. Penurunan sanitasi dan tidak tersedianya air minum yang bersih, mengakibatkan terjadinya ledakan penyakit kolera secara ber-

kala. Apabila kita melihat bagaimana orang menggunakan air sungai yang tercemar untuk mandi, cuci mulut dan mencuci piring, misalnya di Ciliwung di Jakarta, Cikapundung di Bandung, dan Kali Code di Yogyakarta, tidaklah heran kita betapa mudahnya terjadi penyakit muntah-berak dan penyakit perut lainnya. Dalam keadaan kepadatan penduduk yang tinggi, penularan mudah terjadi dan risiko terjadinya wabah penyakit tinggi.

Epidemi penyakit yang ditularkan oleh hewan juga mudah terjadi, misalnya demam berdarah yang ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti.* Jarak terbang nyamuk ini tidak jauh. Tetapi, bila kepadatan penduduknya tinggi, di dalam radius terbangnya nyamuk itu akan menemukan banyak orang yang dapat digigitnya. Selain itu kebiasaan untuk membuang sampah di mana-mana, antara lain kaleng bekas yang berisi air setelah hujan, telah menciptakan banyak tempat untuk berkembang-biaknya nyamuk ini.

Masalah lain ialah banjir. Kenaikan jumlah penduduk memerlukan bertambahnya rumah. Kenaikan kebutuhan akan perumahan yang disertai oleh belum diindahkannya peraturan dan masih rendahnya kesadaran lingkungan, mengakibatkan makin berkurangnya luas jalur hijau dan taman. Maka permukaan tanah yang kedap terhadap air pun bertambah, sehingga makin sedikit air hujan yang dapat meresap ke dalam tanah.

Banyak pula rumah dibangun di atas bantaran sungai. Bahkan ada yang berdiri di atas sungai dengan tiang rumah di alur sungai (Gambar 7.3). Rumah demikian mengganggu aliran air sungai dan gangguan itu diperbesar lagi oleh adanya sampah padat di sungai. Kerusakan riol pun, yang sering terjadi, menghambat penyaluran air. Kerusakan itu sering sukar untuk diperbaiki, oleh karena peta riol yang dibuat pada zaman sebelum kemerdekaan telah hilang.

Sementara itu di daerah hulu sungai banyak hutan mengalami kerusakan. Akibatnya waktu hujan, air di sungai debitnya dengan cepat naik.

Faktor-faktor di atas, yaitu menyempitnya alur sungai oleh perumahan, terhambatnya arus air di sungai dan riol,



Gambar 7.3. Perumahan di tepi sungai menghambat aliran air dan menyuburkan perairan. Eceng gondok pertumbuhannya dipacu. Banjir makin mudah terjadi. *Foto: Otto Soemarwoto*

bertambahnya permukaan tanah yang diperkeras dan rusaknya hutan di hulu sungai, bersama-sama bekerja ke arah meningkatnya risiko banjir di kota. Untuk kota di pantai, misalnya Jakarta, risiko itu diperbesar lagi oleh topografi yang landai dan oleh adanya air pasang yang mempersulit pembuangan air ke laut. Akhir-akhir ini banyak kota secara rutin menderita banjir, misalnya Jakarta, Semarang, Bandung dan Solo.

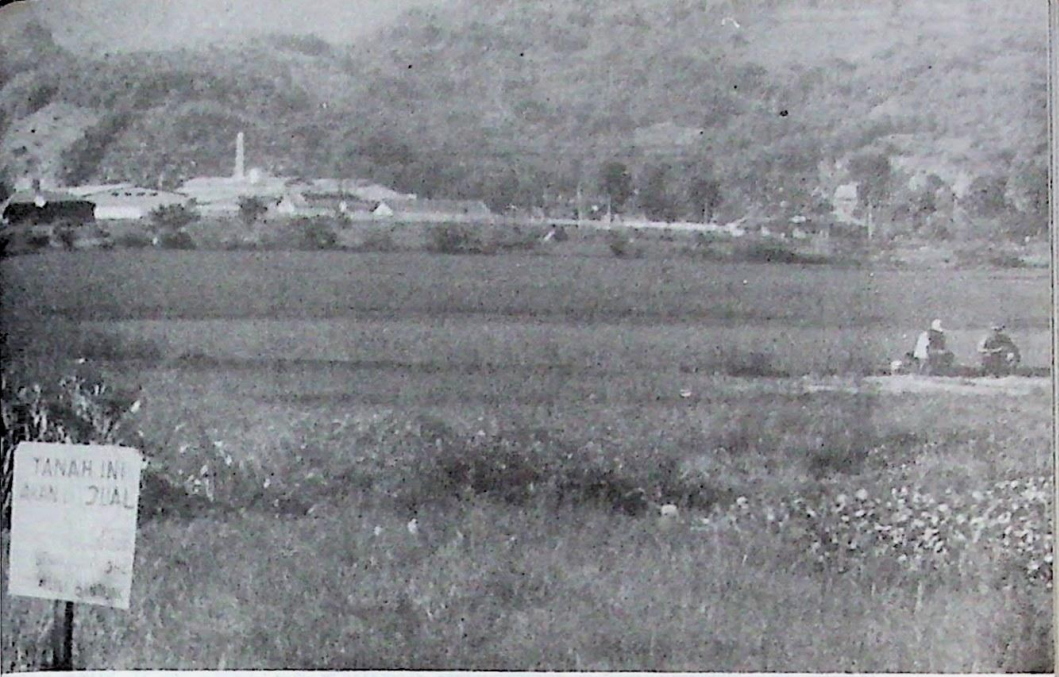
Di samping kerusakan lingkungan yang bersifat biofisik terdapat pula kerusakan lingkungan sosial-budaya. Orang desa yang bermigrasi ke kota umumnya mempunyai pendidikan yang rendah dan tidak trampil. Di desa hubungan kerabat dan nilai sosial-budaya sedikit banyak memberikan perlindungan terhadap kelaparan dan kelakuan asusila. Tetapi di kota perlindungan itu tidak ada atau tak seberapa. Karena tidak adanya keterampilan, orang desa itu sukar mendapat-

kan pekerjaan atau hanya mendapatkan pekerjaan dengan upah yang kecil. Banyak yang jatuh ke tangan calo yang memotong upah mereka atau bahkan ada yang jatuh ke dalam praktek semacam perbudakan: mereka mendapatkan sekedar makan dan tempat tinggal yang buruk, sementara gaji mereka disetorkan kepada orang yang menguasai mereka. Tidak sedikit pula yang terperangkap ke dalam profesi prostitusi. Pengangguran, kurang makan, pemotongan upah, perbudakan dan prostitusi merupakan media yang subur untuk berkembangnya kejahatan. Di kalangan itu hukum kekuatanlah, dan bukannya hukum keadilan, yang menang.

6.2. Kerusakan lingkungan pedesaan

Usaha untuk menaikkan dayadukung lingkungan dengan menaikkan luas lahan yang digunakan untuk pertanian merupakan reaksi terhadap kenaikan kepadatan penduduk yang sangat umum terjadi. Reaksi itu merupakan kekuatan yang disebut tekanan penduduk. Usaha itu dapat dilakukan secara orang-seorang dan dapat juga dilakukan oleh Pemerintah, seperti misalnya transmigrasi. Perluasan yang dilakukan secara orang-seorang umumnya terjadi di daerah yang dekat dengan desa pemukimannya. Perluasan itu pada mulanya dilakukan pada lahan yang sesuai untuk pertanian, yaitu lahan yang datar atau berlereng landai dan yang subur. Hutan di dataran rendah di Jawa dan Bali, misalnya, telah lama hilang dan telah berubah menjadi daerah pertanian. Lama kelamaan terambil juga lahan yang kurang sesuai, tidak subur dan daerah yang lerengnya curam.

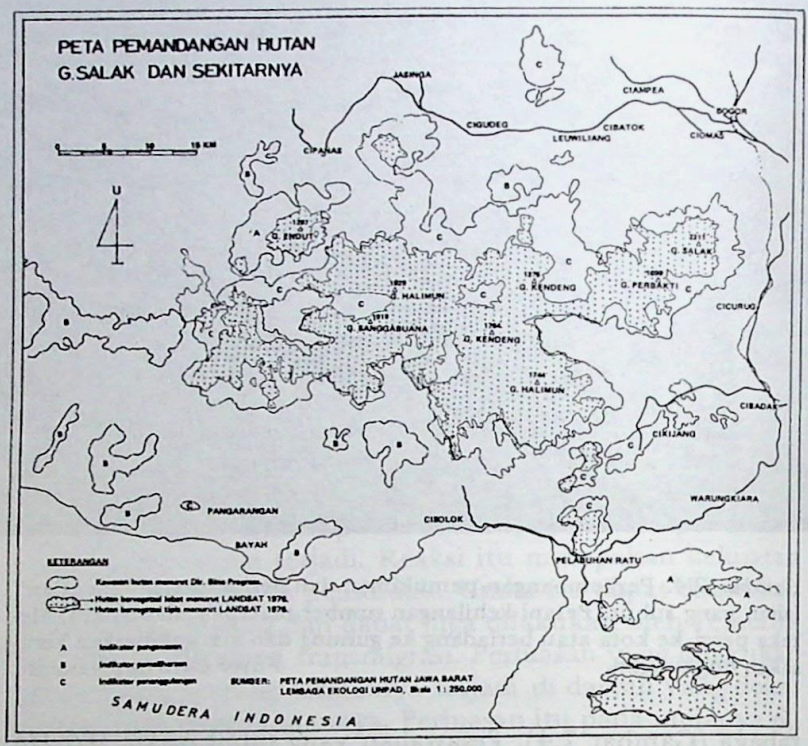
Tekanan penduduk terhadap lahan diperbesar oleh bertambahnya luas lahan pertanian yang digunakan untuk keperluan lain, misalnya pemukiman, jalan, dan pabrik. Lahan yang dipakai untuk keperluan ini biasanya justru yang subur. Sebab di negara agraris pemukiman tumbuh di daerah yang subur. Pemukiman itu menjadi pusat pertumbuhan, dengan prasarana yang relatif baik dan dekat dengan pasar. Beberapa contoh ialah tumbuhnya pemukiman dan perindustrian di sekitar kota besar, seperti Jakarta, Bandung dan Su-



Gambar 7.4. Perkembangan pemukiman dan perindustrian "menelan" lahan yang subur. Petani kehilangan sumber matapencahariannya. Mereka pergi ke kota atau berladang ke gunung dan mengakibatkan kerusakan lingkungan. *Foto: Otto Soemarwoto*

rabaya (Gambar 7.4). Pesawahan yang subur makin tertelan habis. Yang serupa kita lihat di Lombok. Lombok Barat yang subur mengalami pertumbuhan yang cepat. Di daerah ini terdapat banyak sawah. Sebaliknya Lombok Timur yang kurang subur, pertumbuhannya lamban. Akibatnya di Lombok sawah makin berkurang.

Ironinya, orang desa pemilik sawah dan para buruh tani yang kehilangan sawahnya dan lapangan pekerjaannya, tidak banyak yang dapat menikmati pembangunan itu, oleh karena pendidikannya yang rendah dan tidak adanya ketrampilan. Para pemilik sawah masih agak lumayan, karena mereka menerima ganti rugi untuk lahannya. Mereka dapat membeli lahan lagi, namun pada gilirannya pembelian ini menggusur petani yang lain. Para buruh tani tidak mendapat ganti rugi apa-apa. Ketidakmampuan petani dan bu-



Gambar 7.5. Rekaman kawasan hutan oleh satelit Landsat. Kerusakan hutan oleh tekanan penduduk telah menyebabkan terjadinya lahan kritis yang luas.

ruh tani untuk memanfaatkan pembangunan itu merupakan juga faktor penting yang menyebabkan kenaikan tekanan penduduk terhadap lahan dengan menyempitnya lahan pertanian.

Proses perubahan tataguna lahan dapat diikuti dengan membandingkan peta tataguna lahan dari berbagai tahun. Dapat juga dengan membandingkan potret udara dan citra satelit dari berbagai tahun. Dari perbandingan itu dapat dilihat bertambahnya jumlah desa, bertambahnya luas daerah pemukiman dan berkurangnya luas daerah pertanian dan hutan. Dengan cara ini dapat diketahui, bahwa, misal-

nya, hutan di DAS Citarum hulu di Jawa Barat telah menyusut dengan kira-kira 30% dalam tahun 1960-an. Di Jawa Barat, hutan dataran rendah praktis telah habis. Hutan bakau juga sudah banyak berkurang. Yang relatif masih banyak hutan ialah di pegunungan di atas 1.500 m (Gambar 7.5.).

Di daerah perladangan berpindah kenaikan kepadatan penduduk juga meningkatkan tekanan penduduk terhadap lahan karena naiknya kebutuhan akan pangan. Akibatnya ialah diperpendeknya masa istirahat lahan. Misalnya, masa istirahat semula 25 tahun. Dalam masa istirahat yang panjang ini hutan mempunyai cukup waktu untuk pulih lagi. Di lantai hutan terbentuk lapisan seresah cukup tebal. Hutan sekunder ini, apabila dibuka untuk perladangan, dapat memberikan hasil yang baik. Dengan makin naiknya kepadatan penduduk, masa istirahat akan makin pendek yang berarti periode untuk tumbuhnya kembali hutan juga makin pendek. Dengan demikian hutan yang terbentuk makin buruk, sampai akhirnya hutan tidak dapat lagi terbentuk kembali. Paling-paling hanya semak belukar saja, atau bahkan sama sekali tidak ada hutan lagi (Gambar 7.6.).

Kerusakan hutan membawa banyak akibat.

Hutan mempunyai fungsi perlindungan terhadap tanah. Tetesan hujan yang jatuh dari awan mempunyai energi tertentu, karena gerak jatuhnya. Energi gerak itu disebut energi kinetis. Dengan energinya itu tetesan hujan memukul permukaan tanah dan melepaskan butir tanah. Hal ini dapat kita lihat, misalnya, pada tembok halaman yang bagian bawahnya setinggi 25—50 cm berwarna coklat karena tertutup oleh butiran tanah yang terlempar oleh kekuatan tetesan hujan. Ini disebut erosi percikan.

Air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah akan mengalir di atas permukaan tanah. Aliran air ini mempunyai juga energi tertentu. Makin curam dan panjang lereng tempat air mengalir, makin besar energinya. Energi kinetik aliran ini akan mengelupas permukaan tanah, yaitu yang disebut erosi permukaan. Aliran air permukaan dapat pula menyebabkan terbentuknya alur pada permukaan tanah,



Gambar 7.6. Hutan telah habis oleh petani yang lapar lahan yang merayap sampai ke puncak gunung. Erosi, banjir dan kekeringan menjadi masalah umum. *Foto: Otto Soemarwoto*

dan disebut erosi alur. Alur yang terbentuk dapat kecil atau besar.

Jika ada hutan, tetesan air hujan akan jatuh di tajuk hutan yang umumnya berlapis-lapis. Sebagian air hujan itu akan menguap kembali ke udara. Sebagian lagi lolos jatuh ke bawah melalui tajuk teratas dan berturut-turut jatuh di lapisan tajuk yang makin rendah. Akibatnya kekuatan energi kinetik air hujan dipatahkan oleh tajuk pohon yang berlapis-lapis itu. Akhirnya waktu air hujan jatuh dari tajuk yang terendah, energi kinetiknya tinggal kecil saja, sehingga kekuatan pukulan pada permukaan tanah tidak lagi besar. Dengan demikian erosi percikan hanyalah kecil saja.

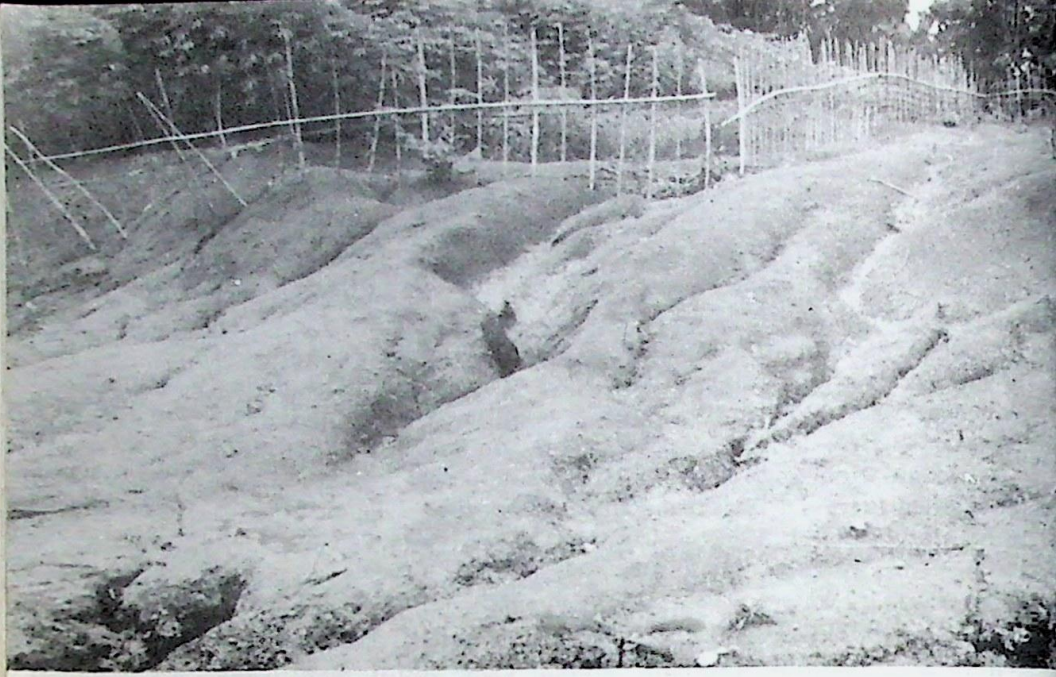
Sebagian air yang jatuh di tajuk akan mengalir melalui dahan ke batang pokok dan selanjutnya mengalir ke bawah melalui batang pokok sampai ke tanah. Di hutan di atas permukaan tanah terdapat seresah, yaitu daun, dahan dan

kayu yang membusuk. Seresah ini bekerja sebagai spons dan menyerap air. Seresah juga membuat tanah menjadi gembur dan membuat air mudah meresap ke dalam tanah. Karena penyerapan air oleh seresah dan peresapan air ke dalam tanah, aliran air permukaan menjadi kecil, sehingga erosi lapisan dan erosi alur juga kecil.

Dengan hilangnya hutan, fungsi perlindungan hutan terhadap tanah juga hilang. Terjadilah erosi. Erosi makin besar dengan makin curamnya dan panjangnya lereng. Erosi juga makin besar dengan makin tinggi intensitas hujan. Yang dimaksud dengan intensitas hujan ialah curahan hujan per satuan waktu. Di Indonesia intensitas hujan pada umumnya tinggi. Oleh karena itu, walaupun Nusa Tenggara Timur, misalnya, musim hujannya pendek, tetapi karena intensitas hujannya tinggi, bahaya erosi toh besar juga.

Erosi mempunyai beberapa akibat buruk. Pertama, penurunan kesuburan tanah. Tanah yang subur ialah yang terdapat di lapisan atas. Tanah lapisan bawah tidaklah subur. Dengan hilangnya lapisan atas oleh erosi, hilanglah kesuburan tanah. Akibat berikutnya ialah menurunnya produksi, yang selanjutnya akan mengurangi pendapatan petani. Oleh karena itu erosi mempunyai efek mengurangi persediaan makanan dan memelaratkan penduduk (Gambar 7.7). Hal ini terlihat dengan jelas di daerah yang mengalami erosi berat, seperti di daerah Solo Selatan. Karena penduduknya melarat dan kekurangan makanan secara kronis, mereka tidak dapat mengambil tindakan pencegahan erosi tanpa bantuan. Dengan demikian erosi berjalan terus, tingkat kehidupan dan kesehatan makin merosot dan tingkat kemampuan untuk melindungi tanah makin berkurang. Terjadilah proses spiral yang meluncur ke bawah, makin lama makin buruk.

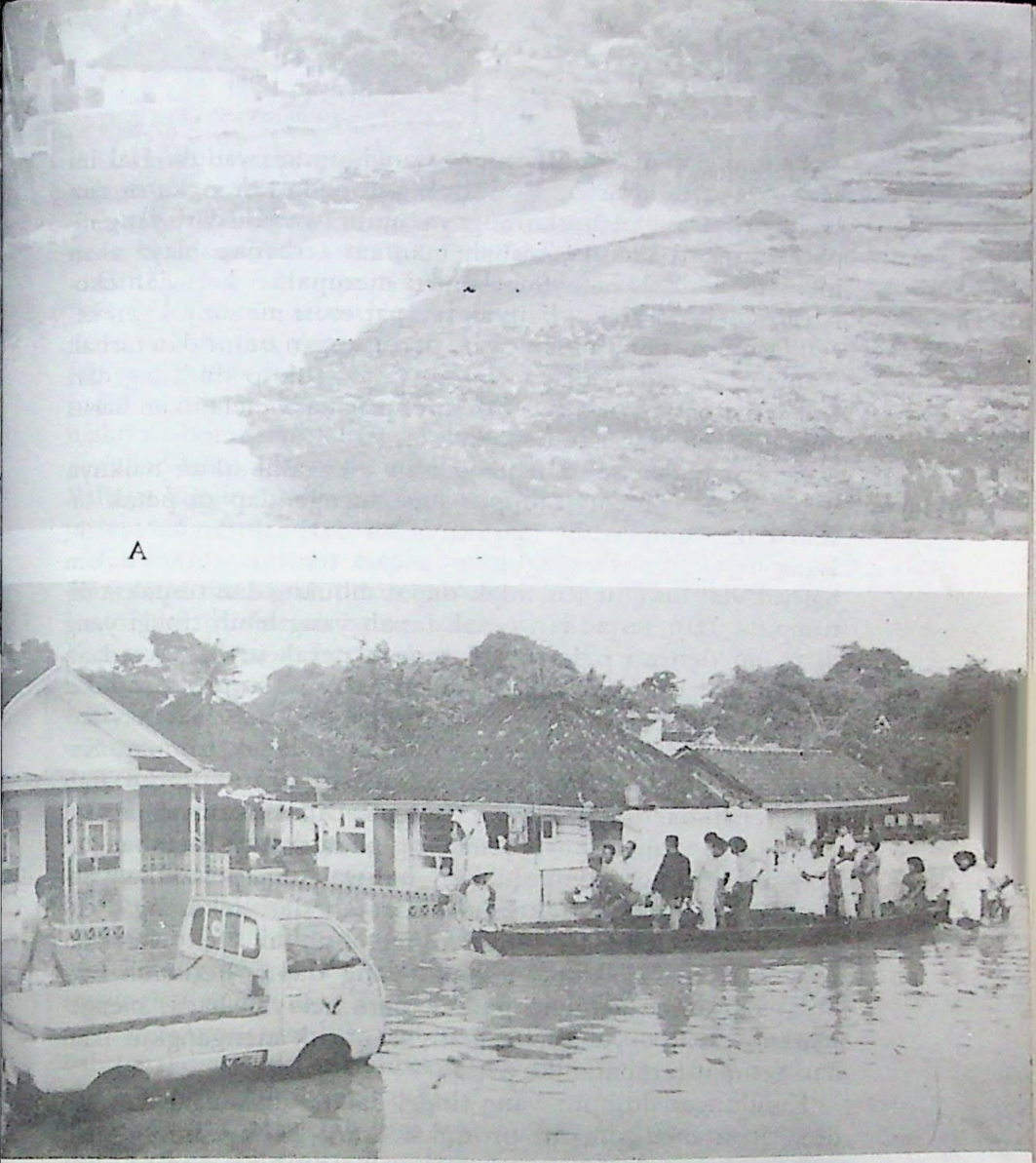
Efek erosi tidak hanya lokal, melainkan menyebar jauh ke hilir. Tanah yang tererosi terbawa oleh air dan menjadikan air itu berwarna coklat. Air yang mengandung lumpur ini subur, karena lumpur itu berasal dari tanah permukaan yang subur. Karena itu air itu baik untuk pengairan. Tetapi lumpur itu akan mengendap, manakala arus air berkurang



Gambar 7.7. Erosi menghanyutkan kesuburan tanah. Produktivitas lahan menurun, pendapatan petani merosot, petani makin miskin dan makin tidak mampu mengelola lahannya. Kerusakan lahan makin parah dan petani pun makin menjadi miskin. *Foto: Otto Soemrwoto*

kecepatannya. Akibatnya ialah sungai, waduk, saluran pengairan dan pelabuhan menjadi dangkal. Pendangkalan sungai berarti berkurangnya volume alur sungai, sehingga kemampuan sungai untuk mengalirkan air juga berkurang. Karena itu waktu musim hujan, bahaya meluapnya air banjir meningkat (Gambar 7.8.).

Pendangkalan sungai juga menghambat lalu lintas sungai. Misalnya, Bengawan Solo, yang dalam lagu Bengawan Solo masih disebutkan dapat dilayari oleh perahu sampai jauh ke pedalaman,. kini praktis tidak dapat lagi, terutama dalam musim kemarau. Banyak sungai di Sumatera dan Kalimantan sedang mengalami proses yang sama. Demikian pula Selat Malaka mengalami proses pendangkalan oleh endapan lumpur yang terbawa sungai yang bermuara di selat itu. Pendangkalan ini mempersulit lalu lintas kapal besar, misalnya kapal tangker raksasa.



A

B

Gambar 7.8. Erosi mempercepat pendangkalan sungai (A). Daya tampung sungai menurun. Banjir menjadi masalah rutin (B).
Foto: Otto Soemarwoto

Pendangkalan waduk mengurangi umur waduk. Hal ini terjadi secara drastis di waduk Selorejo, Karangkates dan Wanagiri. Dengan berkurangnya umur waduk dari yang diperhitungkan semula, nisbah manfaat terhadap biaya akan menjadi lebih kecil, yang berarti merupakan kerugian ekonomi. Oleh karena di banyak tempat erosi menunjukkan kecenderungan yang meningkat, perhitungan umur dan nisbah manfaat terhadap biaya waduk tidak cukup dihitung dari laju erosi pada waktu waduk direncanakan, melainkan harus pula diperhatikan laju kenaikan erosi.

Pendangkalan saluran pengairan mengakibatkan naiknya biaya pemeliharaan. Lumpur juga mengendap di petak sawah dan mempersulit masuknya air dari saluran ke sawah. Lumpur ini harus disingkirkan secara teratur. Tetapi dalam banyak hal lumpur itu tidak dapat dibuang dan terpaksa ditumpuk. Dan terjadilah petak tanah yang lebih tinggi yang ditanami dengan palawija di tengah petak sawah. Keadaan ini tentulah mengurangi produksi padi, walaupun produksi palawija meningkat.

Pendangkalan pelabuhan terjadi di banyak tempat. Karena pendangkalan ini garis pantai bergerak terus ke arah laut, terutama di dekat muara sungai. Ditemukannya perahu di bawah tanah di kota Semarang pada waktu membangun pondasi gedung, menunjukkan bahwa dulu pelabuhan Semarang terletak jauh ke arah daratan dari sekarang. Pendangkalan pelabuhan tentulah mempunyai efek ekonomi yang merugikan. Ukuran kapal yang dapat berlabuh berkurang. Karena gerakan pantai, para nelayan harus mengeluarkan ongkos yang lebih banyak untuk mengangkut ikan dari tempat tambatan ke pasar.

Kandungan lumpur yang tinggi dalam air sungai dan waduk, juga menurunkan produksi ikan. Efek lainnya ialah menurunnya nilai estetis, dan dengan demikian menurunkan potensi pariwisata. Waduk yang jernih lebih menarik bagi wisatawan dari waduk yang airnya keruh.

Lumpur yang terbawa oleh sungai ke laut juga mematikan terumbu karang. Kematian terumbu karang mengurangi produksi ikan dan menghilangkan potensi pariwisata.

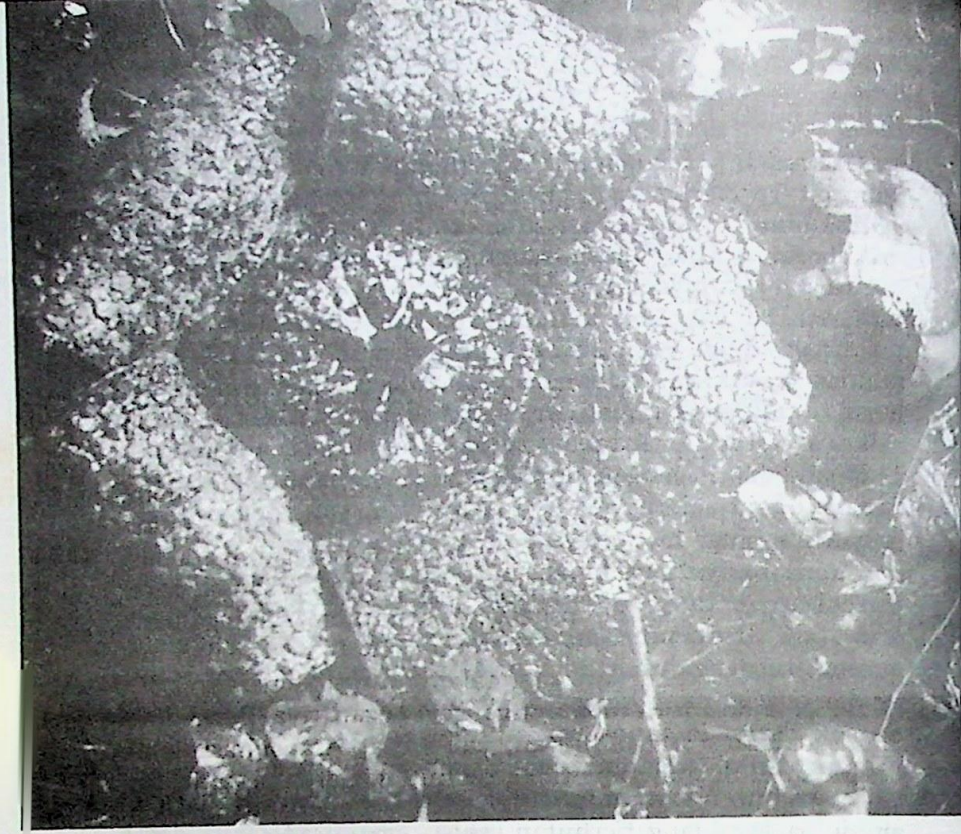
Uraian di atas menunjukkan betap besar dan luasnya pengruh erosi terhadap lingkungan hidup. Menurut perkiraan Bank Dunia di Jawa kerugian per tahun yang disebabkan oleh erosi berkisar antara US $ 340,6 dan US $ 406,2 juta.

Hutan juga mempunyai fungsi perlindungan terhadap tata air. Dengan adanya seresah di lantai hutan dan struktur tanah hutan yang gembur, air hujan terserap oleh seresah dan masuk ke dalam tanah. Karena itu di dalam musim hujan debit maksimum air dapat dikurangi. Kecuali itu naiknya debit air karena turunnya hujan, terjadi dengan perlahan-lahan. Dengan demikian bahaya banjir berkurang. Bahaya banjir sekonyong-konyong, yaitu yang disebut banjir bandang, juga menurun.

Karena banyak air hujan yang meresap ke dalam tanah, persediaan air tanah bertambah. Sebagian air tanah akan keluar lagi di daerah yang lebih rendah sebagai mata air. Karena itu dengan bertambahnya cadangan air tanah, mata air dan sumur yang hidup dalam musim kemarau juga lebih banyak daripada tanpa hutan. Jadi efek hutan adalah mengurangi risiko kekurangan air dalam musim kemarau.

Tetapi hutan juga mempunyai segi negatifnya. Penguapan air di daerah yang berhutan, yaitu evapotranspirasi, lebih besar dari di daerah yang tidak berhutan. Karena itu, dengan adanya hutan persentasi air hujan yang dapat dimanfaatkan berkurang. Misalnya, diketahui bahwa di DAS Citarum curahan hujan yang menjadi aliran sungai pada waktu sebelum Perang Dunia II adalah 47% dan dalam tahun 1970-an meningkat menjadi 52%. Peningkatan ini berbarengan dengan berkurangnya luas hutan. Jadi hutan tidaklah menambah persediaan air, melainkan justru mengurangi, tetapi hutan mengurangi bahaya banjir.

Fungsi hutan adalah juga untuk menyimpan sumberdaya gen. Karena itu efek kerusakan hutan lain yang penting dan perlu diperhatikan ialah erosi sumberdaya gen (Gambar 7.9). Artinya, jumlah jenis hewan dan tumbuhan berkurang. Banyak orang berpendapat Indonesia kaya raya dalam sumberdaya gen dan karena luasnya hutan kita, kerusakan hutan tidak banyak pengaruhnya terhadap kekayaan sumberdaya



Gambar 7.9. Bunga *Rafflesia acehensis.* Kerusakan hutan mengancam kepunahan banyak jenis, misalnya tumbuhan Rafflesia. Kepunahan jenis merupakan erosi gen. *Foto: Edy Brotoisworo*

gen itu. Tetapi yang kurang diinsyafi ialah kareną jumlah jenisnya banyak, jumlah individu per jenis tidaklah besar. Karena itu banyak jenis mempunyai kepekaan besar terhadap kepunahan. Kepunahan jenis mengurangi kekayaan sumberdaya gen.

Lahan yang telah mengalami kerusakan hidro-orologi dan sosial-ekonomi disebut lahan kritis.

6.3. Penanggulangan kerusakan lingkungan

Sumber masalah kerusakan lingkungan karena dilampauinya dayadukung lingkungan ialah tekanan penduduk terhadap

lahan yang berlebih. Kerusakan lingkungan hanyalah akibat atau gejala saja. Karena itu penanggulangan kerusakan lingkungan itu sendiri, hanyalah merupakan penanggulangan yang simtomatis. Pada orang sakit pengobatan simtomatis diperlukan, misalnya untuk menurunkan panas badan dengan aspirin. Namun penyembuhan penderita harus dilakukan dengan lebih mendasar, yaitu mengobati penyebab penyakit itu. Karena itu sebab kerusakan lingkungan yang berupa tekanan penduduk yang berlebih harus ditangani. Apabila sebab masalah itu dapat diatasi, baik urbanisasi maupun lahan kritis, akan dapat teratasi. Sebaliknya, apabila sebab masalah yang berupa tekanan penduduk yang berlebih tidak ditangani, masalah urbanisasi dan lahan kritis tidak dapat terpecahkan. Misalnya, beberapa kota telah menutup pintunya terhadap arus urbanisasi. Namun arus itu tidak terbendung. Ada saja akal orang, resmi ataupun tidak resmi, untuk masuk ke kota. Karena sebab masalah tekanan penduduk terdapat di desa, pemecahan masalah haruslah terutama dicari di pedesaan.

Tekanan penduduk terhadap lahan dapat dikurangi dengan menaikkan dayadukung lingkungan. Sebaliknya penurunan dayadukung lingkungan akan menaikkan tekanan penduduk. Inilah yang sering terjadi dalam usaha kita untuk menanggulangi masalah lahan kritis. Bermilyar rupiah telah dikeluarkan untuk penghijauan dan reboasasi, namun hasilnya tidaklah menggembirakan. Banyak pohon yang ditanam untuk penghijauan dan reboasasi dimatikan lagi oleh penduduk. Atau terjadi permainan kucing-kucingan, yaitu suatu petak hutan direboasasi dan peladang yang menggarap petak kehutanan yang direboasasi itu pindah ke tempat lain. Di tempat yang baru ini, ia membuka lagi hutan.

Salah satu cara reboasasi ialah dengan sistem tumpang sari. Dalam sistem ini peladang dibolehkan menanam tanaman pangan di antara larikan pohon dengan perjanjian, ia memelihara pohon hutan yang ditanam, dan setelah kira-kira lima tahun, waktu pohon telah besar, ia harus pindah. Dalam banyak hal peladang mematikan pohon hutan yang



Gambar 7.10. Reboasasi mengurangi produksi tanaman petani, sehingga dayadukung lingkungan menurun. Karena itu banyak pohon reboasasi yang dipangkas dan dimatikan petani. Di latar belakang gambar, yang makin jauh dari jalan, pohon praktis tak ada yang tumbuh.
Foto: Otto Soemarwoto

ditanam, sehingga tidak jarang lalu terjadi tumpang sari yang tetap. Artinya peladang itu menetap di tempat itu, karena pohon hutan itu tidak kunjung menjadi besar (Gambar 7.10).

Kegagalan penghijauan dan reboasasi dapat dimengerti, karena penghijauan dan reboasasi itu pada hakekatnya menurunkan dayadukung lingkungan. Dalam hal penghijauan, pohon ditanam di lahan petani yang digarap. Pohon itu mengambil luas tertentu, sehingga jumlah luas lahan yang tersedia untuk tanaman petani berkurang. Lagi pula pohon itu akan menaungi tanaman pertanian dan mengurangi hasil. Karena itu petani akan berusaha untuk mematikan pohon itu. Atau paling untung pohon itu dipangkas untuk mengurangi naungan dan untuk mendapatkan kayu bakar. Tetapi apabila penghijauan dikaitkan dengan perbaikan pencagaran tanah, antara lain dengan pembuatan sengkedan, dapatlah

penghijauan itu menaikkan dayadukung lingkungan. Namun, usaha ini membutuhkan biaya banyak, sehingga tidak banyak petani yang mengikutinya.

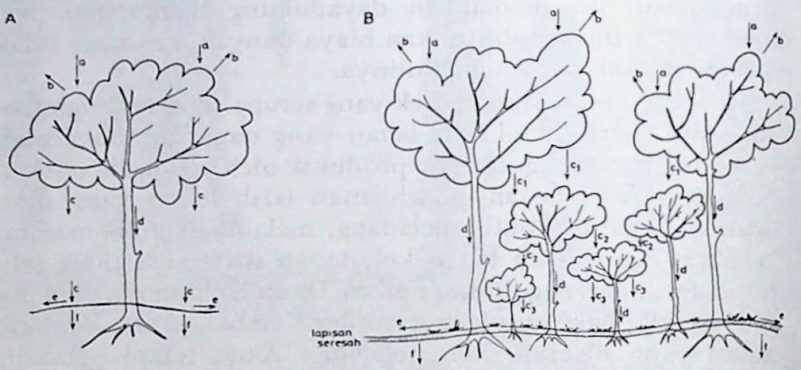
Reboasasi mempunyai efek yang serupa seperti penghijauan, yaitu mengurangi luas lahan yang dapat ditanami oleh peladang dan pengurangan produksi oleh naungan pohon. Perbedaannya dengan penghijauan ialah lahan yang direboasasi bukanlah milik peladang, melainkan milik negara. Peladang menggarap lahan kehutanan itu secara tidak sah. Karena itu, dari segi hukum pihak Dinas Kehutanan mempunyai segala hak untuk mengambil kembali lahan kawasan hutan yang digarap oleh peladang. Akan tetapi peladang yang tidak mempunyai sumber kehidupan lain tidak mempunyai pilihan lagi kecuali untuk menggarap lahan kehutanan itu.

Jelas dari segi ekologi manusia, penghijauan dan reboasasi sukar untuk dapat berhasil, selama usaha itu mempunyai efek menurunkan dayadukung lingkungan dan menghilangkan atau mengurangi sumber pencaharian penduduk.

Dari segi ekologi biofisik penghijauan juga tidak selalu mempunyai efek pengurangan erosi dan perbaikan tata air. Seperti telah diuraikan di muka air hujan yang jatuh di tajuk pohon sebagian menguap kembali ke udara, sebagian lolos jatuh melalui tajuk dan sebagian lagi mengalir ke bawah melalui dahan dan batang pokok. Air yang lolos melalui tajuk jatuh ke tanah dengan energi kinetik tertentu.

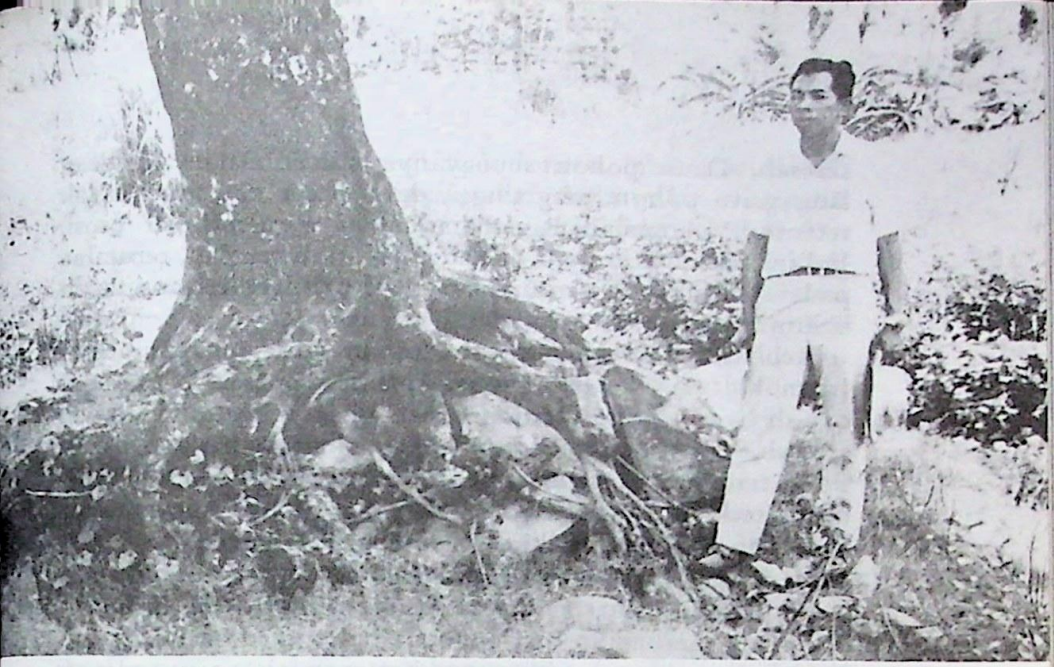
Seperti halnya semua benda, tetes air yang jatuh kecepatan jatuhnya makin lama makin besar. Karena itu tetes air yang jatuh dari tempat yang makin tinggi, kecepatannya makin besar waktu ia mencapai tanah. Kecepatan yang makin besar itu menyebabkan tetes air itu mempunyai energi kinetik yang makin besar. Dengan demikian, sampai batas tertentu makin tinggi pohon, makin besar energi kinetik tetes air yang jatuh dari pohon itu (Gambar 7.11).

Energi kinetik tetes air juga ditentukan oleh besarnya tetes air. Tetes air yang jatuh dari ketinggian yang sama akan mempunyai energi kinetik makin besar, makin besar tetes air itu. Daun pohon yang lebar akan bekerja sebagai



Gambar 7.11. Air hujan (a) jatuh di tajuk pohon. Sebagian air hujan menguap kembali (b) sebagian lolos dari tajuk (c), dan sebagian lagi mengalir ke bawah melalui dahan dan batang (d). Air yang lolos dan aliran batang jatuh di permukaan tanah. Sebagian air ini mengalir di atas permukaan (e) dan sebagian meresap ke dalam tanah (f). A. Pohon tinggi, permukaan tanah tidak terlindung oleh tumbuhan penutup tanah dan lapisan seresah. Energi kinetik air yang lolos (c) menyebabkan erosi percikan yang besar dan aliran permukaan (e) sedikit. B. Tajuk berlapis, permukaan tanah terlindung oleh tumbuhan penutup tanah dan lapisan seresah. Energi kinetik air yang lolos (c_1, c_2, c_3) terpatahkan oleh tajuk yang berlapis dan tumbuhan penutup tanah. Erosi percikan kecil. Aliran permukaan tanah (e) terserap oleh lapisan seresah dan banyak meresap ke dalam tanah (f) sehingga aliran permukaan kecil. Erosi permukaan kecil.

mangkuk pengumpul air. Tetes air yang jatuh dari tajuk menjadi lebih besar dari tetes air hujan yang jatuh di luar tajuk. Karena itu air yang lolos dari tajuk pohon yang tinggi dan berdaun lebar akan mempunyai energi kinetik yang besar waktu jatuh di permukaan tanah. Makin besar energi kinetik, makin besar erosi percikan tetes air. Misalnya, erosi percikan tetes air hujan yang lolos dari tajuk pohon albasiah *(Albizzia falcataria),* yang daunnya kecil-kecil, lebih kecil daripada air hujan yang lolos dari tajuk pohon jabon *(Anthocephalus chinensis)* yang sama tingginya, tetapi mempunyai daun lebar. Erosi percikan air hujan yang lolos dari tajuk semak teh lebih kecil dari air hujan yang lolos dari tajuk pohon sawo, karena semak teh lebih rendah dari



Gambar 7.12. Akar pohon penghijauan yang telanjang. Erosi percikan dan permukaan yang besar menyebabkan tanah sekitar akar pohon penghijauan terkikis. *Foto: Otto Soemarwoto*

pohon sawo. Pengukuran di lapangan menunjukkan, erosi percikan air yang lolos dari tajuk pohon albasiah sama dengan air hujan yang jatuh di luar tajuk, air lolos dari tajuk jabon 1,5 kali dan air lolos dari tajuk semak teh 0,25 kali air hujan.

Jika permukaan tanah tidak tertutup oleh rumput-rumputan dan seresah, erosi di bawah pohon akan lebih besar dari erosi di luar tajuk pohon. Hal ini disebabkan karena air hujan yang jatuh di tajuk pohon sebagian terkumpul dan mengalir melalui batang, serta aliran air di permukaan tanah. Erosi yang lebih besar itu sering dapat kita lihat dengan terkelupasnya tanah di dekat batang pokok, sehingga akar pohon menjadi telanjang (Gambar 7.12).

Dari uraian di atas dapatlah disimpulkan bahwa penghijauan hanya dapat mengurangi erosi, apabila pohonnya rendah atau di bawah pohon ada tajuk lain yang rendah, dan permukaan tanah tertutup oleh rumput-rumputan dan

seresah. Daun pohon seyogyanya halus. Dalam keadaan lain, yaitu pohon yang tinggi, daun besar dan tanah tidak tertutup, penghijauan malahan akan memperbesar erosi. Hal ini misalnya terjadi di penghijauan di tegalan, terutama pada permulaan pertanaman, waktu permukaan tanah belum tertutup.

Reboasasi sering dilakukan dengan satu jenis tumbuhan (monokultur), misalnya pinus. Apabila reboasasi itu berhasil dan di bawah pohon terdapat tumbuhan penutup tanah dan seresah, erosi dapat terkendalikan dengan baik. Apabila tidak terdapat tumbuhan penutup tanah dan seresah, erosi tidak terkendalikan. Reboasasi yang berupa monokultur tidak dapat memperbaiki erosi sumberdaya genetis.

Mengingat kesulitan ekologi manusia seperti diuraikan di atas, perlulah dicari perbaikan usaha penanggulangan masalah. Usaha perbaikan dan pencarian alternatif baru haruslah ditujukan pada pemecahan sumber masalah, yaitu sedapat-dapatnya mengurangi, atau bila mungkin malahan meniadakan, tekanan penduduk yang melampaui dayadukung lingkungan. Tekanan penduduk dapat dikurangi dengan menaikkan dayadukung lingkungan atau dan mengurangi jumlah petani. Usaha pengurangan tekanan penduduk merupakan usaha baik untuk mengatasi masalah lahan kritis maupun urbanisasi. Karena itu penanggulangan lahan kritis bukanlah masalah kehutanan yang sempit, melainkan masalah pembangunan yang luas.

Beberapa kemungkinan adalah empat jenis sistem "penghijauan", berturut-turut, sawah, pekarangan, talun-kebun dan perkebunan rakyat, serta sistem perikanan dan penciptaan lapangan pekerjaan baru. Daftar ini tidaklah dimaksudkan sebagai daftar lengkap, melainkan contoh adanya alternatif yang perlu dipertimbangkan dalam penanggulangan lahan kritis.

a. Sawah

Sawah telah dikenal di Indonesia sejak berabad-abad yang lalu. Misalnya, Jawa dulu disebut Jawadwipa yang berarti pulau padi. Nama ini menunjukkan, padi telah ada di Jawa

waktu orang India datang di Indonesia lebih dari 1.000 tahun yang lalu. Dapat diperkirakan pada waktu itu sawah masih sederhana, atau bahkan mungkin padi masih terdapat secara liar atau setengah liar di rawa di lembah. Teknologi sawah itu makin berkembang, dan sawah menyebar dari lembah dan daerah dataran rendah ke lereng gunung. Karena padi sawah memerlukan air yang tergenang, diperlukan petak dengan pematang. Dengan demikian perluasan sawah ke lereng gunung, harus disertai dengan pengembangan teknologi pembuatan petak dengan pematang sawah, sehingga terjadilah sengkedan (teras) sawah yang mengikuti garis kontur. Di Jawa Tengah pertanaman yang mengikuti garis kontur disebut *nyabuk gunung*, yaitu seperti ikat pinggang yang melingkari gunung. Di Jawa Barat disebut *ngais pasir*, yaitu ibaratnya menggendong gunung dengan selendang (Gambar 4.3). Dengan adanya teras sawah yang mengikuti garis kontur, dan tertahannya air di petak sawah yang mengalir dengan perlahan-lahan, erosi tanah dapat terkendalikan. Produksi sawah dapat dipertahankan pada tingkat yang relatif tinggi selama berabad-abad. Sawah dapat memanfaatkan curah hujan yang tinggi dengan cara yang mengurangi risiko erosi sampai sekecil-kecilnya. Oleh karena itu sawah dapatlah dianggap sebagai adaptasi manusia terhadap keadaan lingkungan yang banyak bergunung dengan curah hujan yang tinggi.

Secara tradisional sawah ditanami dengan banyak sekali varietas padi. Hampir setiap desa mempunyai satu atau lebih varietas padi lokal. Padi lokal itu tidaklah murni, melainkan sebenarnya merupakan suatu campuran banyak varietas. Oleh karena itu sistem sawah tradisional merupakan pula sumberdaya gen yang amat kaya. Sudah barang tentu sumberdaya gen itu terbatas pada padi.

Dari uraian di atas jelaslah sawah mempunyai fungsi pengendalian erosi dan pencagaran sumberdaya gen. Lagi pula teknologinya telah dikenal dan dikuasai oleh banyak petani kita. Sawah juga mempunyai fungsi produksi dan sosial-budaya yang penting. Oleh karena itu sawah merupakan salah satu cara yang penting untuk pengendalian

erosi. Dalam hal digunakan sawah tradisional yang belum menggunakan varietas unggul, juga akan berfungsi untuk pencagaran sumberdaya genetis. Maka sawah seyogyanya diperhatikan sebagai salah satu alternatif dalam penanggulangan lahan kritis. Apabila di daerah berbukit dapat dibuat saluran irigasi pada garis kontur yang setinggi mungkin, orang dengan sendirinya akan membuat sawah di bawah garis kontur itu, sehingga lereng bukit itu akan berteras dan erosi dapat terkendalikan. Dorongan, penyuluhan dan investasi modal oleh Pemerintah untuk pembuatan sawah, tidak atau sedikit saja diperlukan. Jadi, investasi yang diperlukan untuk pengendalian erosi itu praktis hanya untuk pembuatan saluran irigasi itu. Pembuatan saluran irigasi itu seyogyanya dikaitkan dengan pengembangan perikanan.

Dengan intensifikasi, produksi sawah dapat ditingkatkan. Dengan demikian sawah mempunyai potensi besar untuk menaikkan dayadukung lingkungan. Dengan meningkatnya dayadukung lingkungan tekanan penduduk akan berkurang.

b. Pekarangan

Pekarangan adalah sebidang lahan dengan batas tertentu, ada bangunan tempat tinggal di atasnya dan umumnya ditanami dengan berbagai jenis tumbuhan. Di pekarangan sering pula dipelihara unggas, ternak dan ikan. Dari banyak penelitian dapat diketahui, pekarangan mempunyai fungsi ganda yang merupakan integrasi antara fungsi alam hutan dengan fungsi untuk memenuhi kebutuhan sosial – budaya – ekonomi manusia. Fungsi ganda itu ialah *i)* hidro-orologi, *ii)* pencagaran sumberdaya gen, *iii)* efek iklim mikro, *iv)* sosial, *v)* produksi dan *vi)* estetis.

Fungsi hidro-orologi dapat terlihat dari sedikitnya erosi yang umumnya terdapat di pekarangan. Hal ini disebabkan oleh *i)* keadaan pekarangan yang datar, *ii)* tajuk tanaman yang berlapis, *iii)* lapisan seresah, dan *iv)* daurulang. Pekarangan, walaupun di daerah pegunungan, dibuat datar, karena hal itu diperlukan untuk membangun rumah. Keadaan yang datar itu mengurangi risiko erosi. Karena umumnya pekarangan ditanami oleh berbagai jenis tanaman, terben-



Gambar 7.13.A. Pekarangan mempunyai fungsi hidro-orologi yang baik. Pekarangan juga mempunyai fungsi produksi penting.
Foto: Otto Soemarwoto

tuklah tajuk yang berlapis. Tajuk yang tinggi umumnya terdiri atas pohon kelapa, albasiah dan pohon tinggi lainnya. Di bawahnya terdapat lapisan tajuk kedua yang terbentuk oleh pohon buah-buahan, seperti rambutan dan mangga. Menyusullah tajuk pohon-pohonan yang lebih rendah lagi, antara lain, jambu biji, jeruk, nam-nam dan kopi. Lebih rendah lagi terdapat lapisan tajuk tanaman seperti singkong dan tebu. Tanaman yang tingginya kurang dari satu meter membentuk lapisan tajuk yang rendah, misalnya talas dan cabe. Akhirnya terdapatlah tanaman yang merayap di atas permukaan tanah, misalnya ubi jalar. Tajuk yang berlapis-



Gambar 7.13.B. Struktur hutan dengan tajuk yang berlapis. Struktur pekarangan yang berlapis (lihat gambar 7.13.A) sangat menyerupai struktur hutan. *Foto: Otto Soemarwoto*

lapis itu dengan efektif dapat melindungi tanah dari erosi percikan (Gambar 7.13 A dan B.).

Kecuali di bagian pekarangan yang disebut *buruan* di Jawa Barat atau *pelataran* di Jawa Tengah, daun-daunan yang jatuh tidak dibersihkan dan membentuk suatu lapisan seresah. Daurulang terdapat dalam bentuk digunakannya sisa makanan, sisa dapur dan tanaman tertentu sebagai makanan ayam, ternak dan ikan, sedangkan kotoran ayam dan ternak bersama dengan lumpur kolam dikomposkan dan kompos digunakan untuk memupuk tanaman. Dengan daurulang ini kesuburan tanah dapat terjaga.

Fungsi pencagaran sumberdaya gen terwujud dengan adanya banyak jenis yang ditanam di pekarangan. Masing-masing jenis itu terdiri atas banyak varietas. Misalnya, di sebidang pekarangan dapat terdapat sampai 50 jenis atau lebih. Di pekarangan-pekarangan dalam sebuah kampung dapat kita temukan sampai lebih 200 jenis. Banyak di antara jenis itu diwakili oleh varietas yang kadang-kadang sangat banyak jumlahnya. Misalnya, kita mengenal banyak varietas pisang, antara lain ambon, kepok, raja, susu, tanduk dan banyak lainnya lagi, jenis mangga yang kita kenal, antara lain, ialah golek, gedung, simanalagi dan gadung. Sebagian varietas tanaman itu mempunyai mutu yang tinggi, misalnya rambutan yang daging buahnya tebal, manis dan ngelotok. Ada juga yang kecut dan tidak ngelotok, tapi tahan terhadap penyakit dan hama. Sifat-sifat itu banyak yang diturunkan, jadi terdapat dalam gen. Karena itu pekarangan mengandung sumberdaya genetis yang amat kaya.

Efek iklim mikro dapat kita rasakan, apabila kita memasuki sebuah kampung. Di luar kampung suhu lebih tinggi dan lebih silau daripada di dalam kampung, oleh karena adanya naungan oleh pohon-pohonan. Tumbuhan juga mengalami proses transpirasi (berkeringat), yaitu menguapnya air di permukaan tubuh tumbuhan. Penguapan itu memerlukan energi yang didapatkan tumbuhan dari lingkungannya. Penggunaan energi untuk penguapan air itu menurunkan suhu. Penurunan suhu oleh penguapan dapatlah kita rasakan, apabila kita oleskan cairan yang mudah menguap, misalnya alkohol atau *colognette,* di kulit kita. Dengan adanya transpirasi tumbuhan itu, bernaung dari sinar matahari di bawah pohon-pohonan di pekarangan lebih sejuk dari bernaung di dalam rumah yang terkena penuh oleh sinar matahari.

Fungsi sosial pekarangan terutama terlihat di pedesaan. Pertama ia merupakan simbol status. Orang yang tidak mempunyai pekarangan dan membuat rumahnya di pekarangan orang lain, dianggap mempunyai status sosial yang rendah. Fungsi sosial lainnya terlihat dari beberapa hal. Pekarangan banyak yang tidak berpagar. Jika berpagar,

tidak tertutup rapat sekeliling. Dengan demikian orang dapat dengan bebas melewati atau masuk ke dalam pekarangan orang lain, misalnya, untuk pergi ke pasar atau mengambil air sumur. Hasil pekarangan, sebagian juga mempunyai fungsi sosial. Orang lain dengan tidak membayar dapat mendapatkan buah, daun atau bagian tumbuhan lain untuk keperluan obat atau upacara. Misalnya, sebuah jeruk nipis untuk obat atau sebutir kelapa untuk upacara perkawinan.

Buruan atau pelataran merupakan tempat bermain anak-anak di bawah pengawasan pemilik pekarangan. Juga tempat orang dewasa berkumpul untuk berbincang-bincang, bersenda gurau atau bermain olahraga.

Fungsi produksi meliputi baik produksi subsisten, yaitu untuk keperluan sendiri, maupun produksi komersial. Batas antara produksi subsisten dan produksi komersial tidak jelas. Sering apa yang dijual hanyalah sekedar kelebihan produksi yang dikonsumsi. Tetapi ada juga yang khusus ditanam untuk dijual, baik langsung maupun setelah diproses. Cengkeh dan ikan, misalnya, terutama dijual. Sebagian besar hasil buah-buahan juga dijual. Bambu banyak digunakan sebagai bahan kerajinan tangan yang hasilnya dijual. Sayuran seperti beluntas, kemangi, kenikir, dan daun singkong, umbi-umbian seperti tales, ganyong, dan umbi manis, serta kayu bakar terdiri dari kayu-kayuan dan daun-daunan yang kering sebagian besar untuk konsumsi sendiri.

Banyak penelitian menunjukkan, pekarangan dapat mempunyai produktivitas yang tinggi. Ia merupakan sumber yang penting untuk karbohidrat, protein, vitamin, dan mineral. Sumbangan pekarangan pada pendapatan total petani bervariasi antara 7% sampai 45%. Persentasi yang tinggi terdapat pada pekarangan yang ditanami dengan banyak kelapa, pohon buah-buahan, cengkeh, bunga anggrek, dan yang dipakai untuk memelihara ayam ras. Dalam keadaan ini hasil pekarangan per satuan luas dapat menyamai atau bahkan melebihi sawah. Tetapi pada umumnya, masukan dalam bentuk tenaga dan modal lebih rendah daripada sawah, kecuali dalam hal bunga anggrek dan ayam ras.

Karena pekarangan umumnya belum banyak mengalami intensifikasi, ia masih memberikan kemungkinan yang besar untuk dapat dinaikkan hasilnya. Dengan demikian pekarangan mempunyai potensi yang besar untuk dapat menaikkan dayadukung lingkungan. Dalam usaha peningkatan hasil itu seyogyanya fungsi ganda pekarangan diperhatikan.

Fungsi estetis pekarangan nampak dari tanaman hias, misalnya bunga mawar, kana, kenikir, dan katusba. Hewan tertentu, misalnya burung perkutut dan ayam kate, juga mempunyai fungsi estetis.

c. Sistem talun-kebun

Di Jawa Barat, dan di tempat lain dengan variasi tertentu, terdapat sistem pertanaman yang menyerupai pekarangan, tetapi di atas lahan itu tidak ada bangunan tempat tinggal. Sistem itu di Jawa Barat disebut talun. Karena itu talun umumnya terdapat di luar kampung. Talun ditanami dengan banyak jenis tumbuhan. Sebagian besar tanaman tahunan. Dapat terjadi talun itu didominasi oleh suatu jenis, misalnya bambu. Dalam hal itu talun tersebut disebut *talun awi* (talun bambu) (Gambar 7.14.).

Pada waktunya bambu atau kayu-kayuan dipanen dengan tebang habis, tebang pilih atau dengan pemangkasan. Bambu atau kayu yang dipanen dijual. Daun dan ranting yang kering dikumpulkan dan dibakar. Abu dicampur dengan rabuk kandang yang diambil dari kampung untuk digunakan sebagai pupuk.

Di tempat yang telah terbuka oleh adanya panen bambu atau kayu, ditanami dengan tanaman semusim. Jenis tanaman tergantung pada faktor tanah dan iklim, serta pasaran. Misalnya, di daerah Soreang dan Ciwidey, di sebelah baratdaya Bandung, tanaman utamanya ialah *roay (Dolichos lablab)* dicampur dengan banyak tanaman lain, antara lain ketimun, kemangi, dan singkong; di daerah Majalaya, di sebelah tenggara Bandung, tanaman utamanya ialah tembakau dan bawang merah. Tanaman semusim dipupuk dengan kompos campuran abu dan rabuk kandang. Ada juga yang memupuknya dengan urea. Tempat terbuka yang ditanami



Gambar 7.14. Talun bambu dengan seresah yang tebal. Erosi percikan dan erosi permukaan tidak terjadi, walaupun permukaan tanah miring. Talun-kebun merupakan sumber pendapatan yang penting.
Foto: Otto Soemarwoto

dengan tanaman semusim itu disebut kebun. Luasnya berkisar antara kira-kira 500 sampai 1.500 m^2.

Setelah panen terakhir tanaman semusim, tanaman tahunannya, misalnya bambu, telah mulai menutup kembali. Tempat itu dibiarkan dan tidak ditanami lagi dengan tanaman semusim. Petak talun yang lain dipanen dan proses terbentuknya kebun berulang di tempat baru ini. Jadi, kebun itu berpindah-pindah di dalam talun dan setelah 5—8 tahun kebun itu kembali ke tempat yang pertama. Sistem ini kami sebut *sistem talun-kebun.* Pada hakekatnya ia adalah suatu perladangan berpindah di dalam hutan yang dibuat oleh manusia. Ia merupakan suatu adaptasi perladangan berpindah pada perkembangan sawah dan ekonomi pasar, serta kepadatan penduduk. Dengan adanya sawah, orang terikat pada satu tempat, karena besar-

nya investasi modal dan tenaga dalam pembuatan sawah, dapatnya sawah dipanen secara terlanjutkan, dan tersedianya pangan dengan cukup. Sawah dibuat di daerah lembah. Daerah di bagian atas di lereng bukit digunakan untuk talun-kebun yang memberikan hasil untuk pasar. Sawah dan talun-kebun dapat mendukung kepadatan penduduk yang lebih tinggi dari perladangan berpindah.

Talun dengan komposisi jenis yang bercampur dan lapisan seresah di lantai talun, dapat melindungi lahan dari erosi dengan baik. Kebun yang berpindah-pindah membantu pula menjaga kesuburan lahan. Di petak kebun, erosi dapat besar. Tetapi karena luasnya yang kecil ditengah talun, secara keseluruhan erosi di sistem talun-kebun tidaklah besar.

Komposisi jenis yang bercampur merupakan sumberdaya gen, walaupun tidak sekaya hutan alamiah. Sumberdaya gen itu terutama terdiri dari tanaman yang sudah dibudidayakan. Seperti halnya di pekarangan, jenis tanaman talun sebagian besar belum mengalami seleksi menjadi jenis yang murni. Karena itu terdapat keanekaan gen oleh adanya banyak jenis dan juga banyak varietas dalam jenis.

Sistem talun kebun dapat memberikan pendapatan yang besar kepada pemiliknya, karena sebagian besar hasil talun dapat dijual. Sistem talun-kebun masih belum mengalami intensifikasi, sehingga masih terdapat potensi yang besar untuk dinaikkan produksinya, misalnya melalui seleksi jenis yang unggul, dan perbaikan cara bercocok tanam.

Dengan adanya fungsi perlindungan erosi tanah dan sumberdaya gen, serta fungsi produksi, sistem talun-kebun merupakan salah satu alternatif untuk digunakan dalam penanggulangan lahan kritis yang harus diperhatikan. Paling sedikit di Jawa Barat sistem itu dapat digunakan dan juga di tempat lain dengan modifikasi tertentu. Sistem talun-kebun akan dapat juga dipakai untuk pemukiman kembali para peladang berpindah, sudah barang tentu dengan penyesuaian tertentu menurut keadaan setempat. Sebab pada dasarnya sistem talun-kebun itu adalah suatu sistem perladangan berpindah. Karena sistem talun-kebun dapat mempunyai pro-

duksi yang tinggi, penggunaan sistem ini untuk penanggulangan lahan kritis dapat menaikkan dayadukung lingkungan.

Penggunaan sistem talun-kebun dan pekarangan untuk penanggulangan lahan kritis bersifat komplementer, yaitu sistem talun-kebun di luar perkampungan dan sistem pekarangan di dalam perkampungan. Pelaksanaannya secara terperinci tentulah harus diteliti untuk masing-masing tempat.

d. Perkebunan rakyat

Di banyak tempat terdapat perkebunan rakyat yang ditanami dengan tanaman tahunan, misalnya kopi, karet dan lada. Banyak perkebunan itu produksinya rendah dan tanahnya mengalami erosi. Erosi itu disebabkan oleh tidak adanya sengkedan, penyiangan bersih dan pembersihan seresah. Pembersihan gulma dan seresah, menghilangkan perlindungan permukaan tanah dari erosi percikan oleh tetesan air hujan yang lolos melalui tajuk pohon dan erosi permukaan oleh air yang mengalir di atas permukaan tanah. Dengan membuat sengkedan, menghentikan penyiangan bersih dan menanam tumbuhan kacang-kacangan sebagai penutup tanah, erosi akan dapat terkendalikan. Kesuburan tanah akan dapat dipulihkan lagi oleh tumbuhan kacang-kacangan. Untuk mendapatkan produksi yang baik, perkebunan rakyat memerlukan pemupukan yang memadai.

Dengan pengelolaan yang baik perkebunan rakyat dapat menjadi salah satu alternatif untuk penanggulangan lahan kritis.

e. Perikanan

Vegetasi pada umumnya dan hutan pada khususnya mempunyai fungsi hidro-orologi yang baik. Namun jenis hutan tertentu mempunyai kecepatan evapotranspirasi yang lebih besar daripada penguapan dari permukaan air yang terbuka. Jadi, hilangnya air karena penguapan dari satu hektar lahan yang ditanami dengan pohon-pohonan dapat lebih besar daripada kehilangan air karena penguapan dari satu hektar kolam yang terbuka. Hal ini perlu mendapat perhatian da-

lam penanggulangan lahan kritis, karena umumnya perbaikan tata air merupakan bagian penting dalam usaha itu. Dengan demikian pembuatan kolam atau waduk kecil dalam kombinasi dengan penghijauan dan reboasasi akan menguntungkan. Usaha ini sebenarnya telah dilakukan di beberapa tempat dengan pembuatan bendungan pengendali. Akan tetapi pada umumnya bendungan itu berfungsi sebagai penahan lumpur dan penyimpanan air untuk penduduk, dan belum dikembangkan perikanan di dalamnya. Dengan penebaran benih ikan, bendungan pengendali akan dapat menaikkan daya dukung lingkungan melalui produksi ikan yang tinggi. Dapat juga dikembangkan sistem perikanan yang intensif, misalnya jala atau kurungan terapung. Air yang mengalir dari waduk kecil itu dapat juga dipakai untuk perikanan air deras, jika air cukup banyak dan topografi memungkinkan. Selain itu juga untuk pengairan yang akan memacu pencetakan sawah. Sawah akan mengurangi laju erosi.

Syarat untuk pengembangan perikanan ialah kualitas air yang memadai dan laju erosi yang tidak besar. Apabila erosi terlalu besar, kandungan lumpur yang tinggi dalam air akan menurunkan produksi perikanan dan waduk dengan cepat akan terpenuhi oleh lumpur. Oleh karena itu pembuatan bendungan pengendali dan pengembangan perikanan untuk penanggulangan lahan kritis tidak dapat berdiri sendiri, melainkan harus dilakukan bersamaan dengan usaha penanggulangan yang lain.

Kelima alternatif merupakan cara-cara yang telah dikenal oleh rakyat, baik teknologi maupun manfaat yang dapat diperoleh dari mereka. Cara itu merupakan teknologi tradisional yang telah membudidaya di banyak tempat. Oleh karena itu penggunaan teknologi itu dalam penanggulangan lahan kritis dapat diperkirakan tidak akan banyak mengalami kesulitan teknis maupun sosial budaya. Sudah barang tentu penggunaan itu harus dilakukan dengan memperhatikan kondisi lingkungan biofisik dan sosial-budaya-ekonomi setempat, serta penyesuaian seperlunya dengan kondisi itu. Penyuluhan dan pengawasan yang intensif tidak akan diperlukan. Penyuluhan dan pengawasan yang intensif me-

rupakan kendala yang serius dalam reboasasi, penghijauan dan pembuatan sengkedan dalam areal yang luas. Sebab dana dan tenaga terbatas, serta letak daerah lahan kritis sering terpencil dan sukar untuk dijangkau dan diawasi.

f. Penciptaan lapangan pekerjaan di sektor non-pertanian

Tekanan penduduk terhadap lahan bersumber pada bertambahnya penduduk petani, sedangkan luas lahan tidak bertambah. Akibatnya ialah nisbah lahan terhadap petani makin kecil dan pendapatan petani makin menurun. Nisbah itu dapat diperbesar dengan memperbesar luas lahan atau memperkecil jumlah petani. Di Jawa luas lahan tidak dapat lagi ditambah tanpa menimbulkan masalah lingkungan, seperti rusaknya hutan. Pilihan yang tinggal ialah memperkecil jumlah petani. Memindahkan petani, misalnya transmigrasi, mempunyai efek demikian. Cara lain ialah untuk menyalurkan petani ke lapangan pekerjaan di sektor non-pertanian di daerah pedesaan. Dalam hal ini jumlah penduduk, dan dengan demikian kepadatan penduduk, tidak berkurang. Akan tetapi tekanan penduduk terhadap lahan akan berkurang. Sebab tekanan penduduk terhadap lahan tidak ditentukan oleh jumlah penduduk total, melainkan oleh jumlah petani.

Pertanian pada dasarnya adalah usaha pemanfaatan energi matahari melalui proses fotosintesis oleh tumbuhan. Dari hasil fotosintesis itu, oleh tumbuhan dan hewan dihasilkan berbagai macam bahan yang berguna untuk makanan, bahan bakar, bahan bangunan, dan lain-lain. Jumlah total energi matahari yang jatuh di bumi besar. Tetapi sifat energi matahari difus, yaitu energi per satuan luas lahan rendah. Rata-rata energi yang sampai di bumi sekitar 1,4 kal per cm^2 setiap menit.

Efisiensi fotosintesis rendah, yaitu fotosintesis kotor atau bruto maksimum hanyalah sekitar 5%, dan rata-rata untuk seluruh biosfer 2%. Sebagian hasil fotosintesis digunakan untuk pernafasan tumbuhan itu sendiri. Efisiensi fotosintesis bersih atau netto, yaitu hasil fotosintesis total dikurangi hasil fotosintesis yang digunakan untuk pernafasan tumbuhan, maksimum hanyalah sekitar 2,5%, dan rata-

rata untuk seluruh biosfer 1%. Artinya dari seluruh energi matahari yang jatuh di bumi rata-rata hanya 1% yang dapat diubah menjadi tubuh tumbuhan. Tetapi tidak seluruh tubuh tumbuhan dapat digunakan. Misalnya, kalau kita menanam padi, hanya berasnya saja yang dapat kita makan. Jerami tertinggal di sawah.

Karena sifat sinar matahari yang difus, efisiensi fotosintesis yang rendah, dan hanya sebagian hasil fotosintesis yang dapat dimakan, petani memerlukan luas lahan yang besar untuk kehidupannya, yaitu diperkirakan rata-rata minimal 0,7 hektar. Untuk mengurangi kebutuhan lahan, harus digunakan energi dalam bentuk yang padat, yaitu BBM, gas alam, batubara dan listrik. Dengan energi itu dapat dikembangkan industri. Sebagian petani dapat disalurkan ke sektor non-pertanian itu, sehingga sebenarnya yang terjadi ialah menghidupi sebagian petani itu dengan subsidi energi yang didatangkan dari daerah lain. Dengan demikian terjadi pergeseran kehidupan sebagian petani dari energi matahari yang diubah menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis ke energi non-fotosintesis yang bersifat padat. Karena subsidi energi yang bersifat padat ini, pedesaan lalu dapat mendukung kepadatan penduduk yang tinggi.

Fungsi energi itu ialah untuk menggerakkan mesin yang menaikkan produksi per orang per satuan waktu. Misalnya, apabila tanpa mesin seorang dapat membuat sebuah kursi bambu dalam dua hari, dengan mesin ia dapat membuat dua buah kursi dalam sehari. Mesin juga berfungsi agar orang tidak tersiksa oleh pekerjaannya. Misalnya, transpor barang dengan memikul atau mendorong gerobak yang berat merupakan suatu siksaan. Transpor dengan kendaraan bermotor akan lebih manusiawi. Mesin itu kita jadikan budak kita. Dengan itu martabat manusia dinaikkan. Dalam menggunakan mesin harus dijaga agar mesin tidak mengambil kesempatan kerja orang. Tetapi justru harus diatur agar mesin itu menciptakan lapangan pekerjaan baru. Jadi ada pergeseran pekerjaan orang dari jenis yang tidak manusiawi ke jenis yang manusiawi. Tujuan pengembangan industri ialah untuk menciptakan lapangan pekerjaan baru yang

dapat memberikan pekerjaan penuh dengan pendapatan untuk hidup yang layak.

Industri yang sangat mungkin untuk dikembangkan di daerah pedesaan ialah industri pasca panen. Dengan industri ini hasil pertanian akan mendapatkan nilai tambah. Misalnya, buah dapat diolah menjadi sari buah, bambu menjadi mebel, dan karet menjadi berbagai macam barang. Nilai tambah itu makin besar, makin tinggi permintaan akan barang itu dan mutu hasil industri itu. Nilai tambah yang tinggi dapat menjadi sumber kehidupan baru. Dapat juga dikembangkan industri yang tidak menggunakan hasil pertanian sebagai bahan mentahnya. Misalnya, industri alat pertanian atau industri keramik. Industri yang dapat dikembangkan, tentulah sangat tergantung pada keadaan masing-masing tempat, antara lain tersedianya bahan mentah. Misalnya, di daerah Priangan di Jawa Barat industri pasca panen ikan.

Dengan berkurangnya tekanan penduduk terhadap lahan, kerusakan hutan untuk digunakan sebagai lahan pertanian juga berkurang. Dengan demikian hutan lebih mudah untuk dijaga keselamatannya. Apabila hutan yang rusak tidak terjamah, dalam kebanyakan hal hutan dapat pulih kembali dengan kekuatan sendiri, karena adanya curah hujan yang cukup di banyak daerah di Indonesia. Jenis yang akan tumbuh kembali secara spontan di daerah itu akan tergantung pada biji yang ada dan yang terbawa masuk, misalnya oleh angin. Suatu suksesi akan terjadi, sehingga akhirnya akan terjadi hutan lebat. Pulihnya hutan menjadi hutan yang dewasa memerlukan waktu yang lama, yaitu lebih dari 10 tahun. Tetapi pulihnya fungsi hidro-orologi dapat terjadi dengan cepat, yaitu beberapa bulan sampai beberapa tahun saja. Sebab fungsi hidro-orologi terutama tergantung pada herba dan semah serta seresah, bukan pada hutan yang dewasa.

Berkurangnya tekanan penduduk juga akan menurunkan kekuatan dorong dari desa untuk pindah ke kota. Selain itu kesempatan kerja yang baik di desa akan mengurangi daya tarik kota. Dengan demikian laju urbanisasi dapat dihambat.

Pendekatan penciptaan lapangan pekerjaan untuk me-

nanggulangi masalah urbanisasi dan lahan kritis, secara langsung merupakan usaha pembangunan pedesaan. Pendekatan itu juga membantu tercapainya tujuan pemerataan pembangunan.

Untuk pengembangan industri tentulah diperlukan modal, ketrampilan, pengelolaan yang baik dan pemasaran. Oleh karena itu perlu persiapan yang seksama, antara lain sistem kredit untuk pengadaan modal, pendidikan umum dan latihan khusus. Untuk pengelolaan dan pemasaran mungkin dapat dilakukan melalui sistem koperasi. Persiapan juga perlu diadakan sedini mungkin untuk pengendalian pencemaran.

Kerjasama yang erat dan rapih antara berbagai instansi, antara lain, Departemen Dalam Negeri, Departemen Perdagangan dan Koperasi, Departemen Pertanian, Departemen Tenaga Kerja dan bank, sangat diperlukan. Usaha ini tentulah tidak mudah. Masalah urbanisasi dan lahan kritis sangat sulit dan kompleks, serta menyangkut berjuta rakyat yang melarat dan tidak terpelajar. Karena itu kita tidak dapat mengharapkan adanya cara yang mudah dan terjadinya mujijat. Tetapi perkiraan kementakan keberhasilannya cukuplah besar. Karena itu cara ini perlu dipertimbangkan.

6.4. Prioritas penanggulangan

Luas lahan kritis tidak diketahui dengan pasti. Perkiraan berkisar antara 17 juta hektar sampai 40 juta hektar. Sebab perbedaan luas taksiran ialah karena belum adanya persesuaian paham tentang kriteria lahan kritis dan belum adanya pemetaan lahan kritis yang meliputi seluruh Indonesia, baik pada skala kecil maupun skala besar. Yang dapat dikatakan dengan pasti ialah lahan kritis itu luasnya besar dan terus bertambah besar. Bertambahnya padang alang-alang saja diperkirakan dengan kecepatan 200.000 hektar per tahun.

Karena luasnya yang besar itu dan terbatasnya dana dan tenaga, penanggulangan lahan kritis tidak dapat dilakukan di semua tempat dengan intensitas yang sama. Karena itu perlu adanya urutan prioritas. Urutan prioritas itu didasarkan pada kriteria tertentu, antara lain, risiko erosi, keadaan

dan efek sosial ekonomi. Misalnya, lahan kritis yang datar dengan intensitas hujan yang rendah, risiko erosinya kecil. Daerah demikian diberi prioritas penanggulangan yang lebih rendah dari daerah lahan kritis yang berlereng terjal dengan intensitas hujan yang tinggi. Demikian pula daerah yang tidak berpenduduk, terpencil dan diperkirakan tidak mempunyai sumberdaya yang penting, diberi prioritas yang rendah.

Penginderaan jauh akan sangat membantu dalam penyusunan peta lahan kritis dan urutan prioritas penanggulangan. Pada tingkat nasional dan tingkat propinsi dapat digunakan citra satelit dan potret udara skala kecil. Pada tingkat kabupaten dan kecamatan untuk keperluan operasional diperlukan potret udara dengan skala besar. Potret udara dan citra satelit selanjutnya dapat juga digunakan sebagai alat pengawasan dan evaluasi, terutama untuk daerah yang sukar dicapai. Walaupun survai daratan masih diperlukan juga, namun dengan penginderaan jauh, jumlahnya hanya sedikit.

Citra satelit dan potret udara skala kecil telah tersedia untuk sebagian besar tanah-air kita. Potret udara skala besar barulah meliputi sebagian kecil tanah air. Apabila potret udara skala besar itu dibuat hanya untuk penanggulangan lahan kritis, biayanya akan tinggi. Akan tetapi potret udara itu dapat digunakan juga untuk lain keperluan, misalnya survai tataguna lahan, survai kependudukan dan untuk perencanaan pembangunan regional. Pemotretan udara dengan tujuan ganda yang terpadu akan membuat biaya potret udara itu menjadi murah.

7. PENCEMARAN DAN PENYUSUTAN SUMBERDAYA

Semua mahluk hidup memproduksi bahan sisa metabolisme. Pada hewan dan manusia bahan sisa itu berbentuk gas, tinja dan air seni. Gas yang sangat umum terbentuk ialah CO_2 yang masuk ke dalam udara dan tidak menyebabkan masalah karena kadarnya yang rendah. Gas lain yang sering terbentuk adalah H_2S yang berbau busuk dan terbentuk dalam proses penguraian bahan organik, misalnya waktu

pembusukan sampah. Gas itu merupakan zat pencemar yang terdapat di banyak tempat.

Pada manusia, bahan sisa tidak hanya berasal dari metabolisme tubuhnya, melainkan juga dari aktivitas hidup yang lain. Bahan bungkusan dan barang bekas yang tidak dipakainya lagi, menjadi sampah. Dengan makin meningkatnya kegiatan ekonomi, makin banyak pula barang sisa yang berasal dari alat transpor dan pabrik.

Bahan sisa secara umum disebut limbah. Limbah dari rumah tangga sering disebut limbah domestik. Limbah dari restoran dan hotel, karena sifatnya menyerupai limbah rumah tangga, sering pula disebut limbah domestik.

Dengan naiknya kepadatan penduduk berarti jumlah orang per satuan luas bertambah. Karena itu jumlah produksi limbah per satuan luas juga bertambah. Dapat pula dikatakan di daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, terjadi konsentrasi produksi limbah.

Pada waktu ini pertumbuhan penduduk terjadi bersamaan dengan pertumbuhan ekonomi dan teknologi yang melahirkan industri dan sistem transpor modern. Industri dan transpor menghasilkan, berturut-turut limbah industri dan limbah transpor. Di daerah industri juga terdapat kepadatan penduduk yang tinggi dan transpor yang ramai. Di daerah itu terdapat produksi tinggi limbah domestik, limbah industri dan limbah transpor.

Akibat pertumbuhan penduduk adalah juga kenaikan kebutuhan pangan. Kenaikan kebutuhan pangan dapat dipenuhi dengan intensifikasi pertanian, antara lain dengan menggunakan pupuk dan pestisida. Pupuk dan pestisida juga merupakan sumber pencemaran.

Limbah, terutama limbah domestik, sebenarnya merupakan juga makanan bagi organisme tertentu. Misalnya, CO_2 merupakan bahan pokok untuk fotosintesis tumbuhan hijau. Dari gas CO_2 dan air (H_2O), terbentuklah gula dan O_2. Gas O_2 kita perlukan untuk pernafasan kita. Jadi alam, dalam hal ini tumbuhan hijau, telah memurnikan udara dengan mengolah CO_2 dan memproduksi O_2.

Tinja merupakan bahan makanan banyak hewan dan

jasad renik. Dalam proses ini pun tinja diolah dan dibersihkan. Hal yang serupa terjadi dengan air seni dan jenis sampah tertentu seperti daun-daunan.

Di daerah pedesaan orang dengan sengaja menggunakan limbah. Misalnya, untuk makanan ikan, babi, dan ternak lain, serta untuk membuat kompos. Kompos digunakan untuk memupuk tanaman. Proses penggunaan limbah tersebut disebut daurulang.

Jadi di dalam alam, sering juga dengan bantuan manusia, terdapat mekanisme untuk membersihkan sampah. Akan tetapi apabila kepadatan penduduk tinggi, kemampuan alam untuk mengolah sampah, dan dengan demikian kemampuan membersihkan lingkungan, tidak lagi seimbang dengan jumlah sampah yang terproduksi. Terjadilah penumpukan sampah. Hal ini terlihat di kota besar, terutama di sekitar pasar. Perairan juga tercemar; warnanya hitam dan berbau busuk.

Pencemaran limbah domestik mempunyai banyak akibat buruk. Yang paling ringan ialah menurunnya keindahan lingkungan. Penurunan keindahan itu sering diikuti oleh bau busuk. Penurunan keindahan itu akan mengganggu peruntukan sumberdaya untuk pariwisata, misalnya. Kecuali itu lingkungan yang kotor akan mengganggu kehidupan kita sehari-hari. Akibat yang lebih berat ialah terganggunya kesehatan. Gangguan itu dapat terjadi karena air untuk keperluan rumah tangga tercemar, sehingga pencemaran air itu akan menyebabkan timbulnya wabah penyakit, seperti kolera. Tumpukan sampah, dan comberan air yang tercemar merupakan pula tempat hidup yang baik untuk berjenis hewan yang menularkan penyakit, antara lain, nyamuk, lalat, dan tikus. Berjenis parasit, antara lain cacing, juga mudah menular secara langsung dari penderita ke orang lain, terutama anak-anak yang bermain di tempat yang tercemar itu tanpa sepatu.

Masalah limbah domestik di Indonesia sangatlah luas, oleh karena produsen limbah itu adalah manusia yang jumlahnya sekitar 200 juta orang. Orang ini tersebar di kota dan di daerah pedesaan. Penelitian menunjukkan, di daerah pedesaan di pegunungan pun banyak badan air telah terce-

mar oleh limbah domestik, antara lain, sungai dan sumur. Karena itu tidaklah mengherankan orang yang sakit karena pencemaran oleh limbah domestik setiap tahunnya mencapai jumlah jutaan orang, di antaranya banyak yang meninggal.

Apabila masalah yang ditimbulkan oleh limbah domestik adalah terutama penyakit yang menular dan parasit, akibat pencemaran oleh limbah industri dan transpor adalah terutama peracunan. Pencemaran pada tingkat yang tinggi mengakibatkan peracunan akut yang dapat mengakibatkan kematian. Jika terjadi hal yang demikian masyarakat dan pemerintah segera akan mengambil tindakan. Apabila terjadi pencemaran yang kronis, sering efeknya tidak segera nampak, melainkan baru kelihatan setelah jangka waktu yang panjang. Efek yang terjadi dapat berupa peracunan yang mengganggu bekerjanya suatu organ tubuh, dapat pula terjadi penyakit kanker. Atau dapat pula terjadi perubahan pada kromosom pembawa sifat keturunan. Dalam hal yang akhir ini efeknya barulah terlihat pada anak-cucu, jadi setelah jangka waktu yang amat panjang. Karena itu pada peracunan yang kronis, sering orang tidak sadar telah terjadi peracunan. Tambahan pula pencemaran itu sering tidak nampak. Misalnya, air yang tercemar dapat nampaknya jernih, bersih, tidak berbau, tidak berwarna dan tidak terjadi perubahan rasa. Karena itu pada pencemaran tingkat rendah yang mengakibatkan peracunan yang kronis, masyarakat dan pemerintah sering tidak mengambil tindakan apa-apa sampai terlambat.

Sifat lain pencemaran oleh industri ialah zat pencemar tertentu tidak dapat dibersihkan oleh alam, misalnya pencemaran logam berat dan zat radioaktif. Zat yang dimakan oleh jasad renik dan mahluk lain tidaklah menjadi tidak beracun, melainkan sifat beracun itu tetap ada. Bahkan jasad dan mahluk lain itu menumpuk zat pencemar itu, sehingga pencemaran menjadi lebih berbahaya untuk manusia. Contoh yang terkenal ialah pencemaran oleh air raksa (Hg) yang terjadi di Teluk Minamata di Jepang.

Sebuah pabrik di Teluk Minamata membuang limbah

yang mengandung air raksa dalam kadar rendah ke laut. Air raksa itu terserap oleh plankton, yaitu mahluk bersel satu yang hidup melayang dalam air. Karena proses penumpukan, kadar air raksa dalam plankton menjadi lebih tinggi daripada di dalam air laut. Plankton dimakan oleh ikan kecil. Dalam ikan ini kadar air raksa berlipat lagi. Ikan kecil dimakan oleh ikan yang lebih besar dan kadar air raksa dalam ikan besar ini berlipat lagi. Akhirnya ikan besar ini ditangkap oleh nelayan dan dikonsumsi oleh manusia. Sebagai konsumen ikan, manusia itu menumpuk juga air raksa dalam tubuhnya. Lama kelamaan kadar air raksa dalam tubuh orang mencapai tingkat yang menimbulkan keracunan. Keracunan ini kemudian terkenal dengan nama penyakit Minamata dengan gejala penyakit yang mengerikan. Sebagian penderita itu meninggal dunia.

Dalam contoh di atas masyarakat dan pemerintah tidak bertindak sampai orang menjadi sakit dan dibuktikan penyakit itu disebabkan oleh air raksa. Karena itu pencemaran yang rendah dapat lebih berbahaya daripada pencemaran tingkat tinggi. Dengan mengetahui jenis dan sifat pencemar dapatlah diambil keputusan apakah perlu diambil tindakan atau tidak terhadap pencemaran pada tingkat rendah itu.

Pencemaran oleh transpor yang berbahaya ialah gas CO, oksida N dan S, dan timah hitam. Pengukuran di beberapa tempat, antara lain, di Jakarta, Bandung dan Denpasar, menunjukkan pencemaran oleh CO telah mencapai tingkat yang tinggi.

Jenis pencemaran lain yang berbahaya ialah yang mempunyai efek merusak pada sistem pendukung kehidupan kita. Beberapa contoh ialah hujan asam, CO_2 dan kerusakan lapisan ozon.

Hujan asam disebabkan oleh zat pencemar oksida belerang dan oksida nitrogen yang dihasilkan dalam pembakaran bahan bakar minyak dan batubara. Oksida itu dalam udara mengalami proses kimia menjadi asam dan turun ke bumi bersama hujan atau salju. Hujan dan salju itu lalu bersifat asam. Dalam waktu yang lama tanah, sungai, dan danau

menjadi asam. Terutama danau yang merupakan tempat berkumpulnya air, dan air itu tidak atau hanya dengan pelan-pelan saja mengalir ke luar, dapatlah airnya menjadi sangat asam dan terbunuhlah kehidupan di dalamnya. Ikan dan mahluk lain tidak lagi terdapat di dalam danau itu. Banyak danau di Kanada bagian timur dan di Skandinavia telah menjadi mati oleh hujan asam itu. Penyebabnya untuk Kanada ialah industri di Amerika Serikat dan untuk Skandinavia industri di Inggris dan di Jerman Barat. Ironinya, masalah itu timbul karena dibangunnya cerobong asap yang tinggi untuk mengatasi masalah pencemaran di daerah sekitar pabrik itu sendiri. Dengan cerobong yang tinggi itu, zat pencemar terbawa oleh angin dan tersebar ke daerah yang jauh.

Untuk menghidupkan kembali danau itu telah disemprotkan air kapur ke dalam danau untuk menetralisir asam. Ongkosnya sangat tinggi. Kanada dan negara Skandinavia telah minta agar, berturut-turut, Amerika Serikat, dan Inggris serta Jerman mengambil tindakan untuk mengatasi masalah hujan asam itu.

Dengan makin banyaknya penggunaan BBM dan batubara di Asia Tenggara, bukanlah tidak mungkin masalah hujan asam juga akan terjadi di kawasan kita. Salah satu masalahnya ialah bahwa proses terjadinya pengasaman danau adalah lambat dan memerlukan waktu yang lama. Tetapi dengan mengukur pH (yaitu ukuran derajat keasaman) air hujan secara teratur, dapatlah bahaya hujan asam itu diketahui secara dini, sehingga tindakan pengamanan dapat dilakukan seawal mungkin.

CO_2 yang diproduksi oleh mahluk hidup tidaklah banyak dan diolah oleh tumbuhan hijau, sehingga kadar CO_2 dalam atmosfer tidaklah berubah. Tetapi dengan makin banyaknya konsumsi bahan bakar minyak dan batubara untuk industri dan transpor, produksi CO_2 makin meningkat dan dikhawatirkan kadar CO_2 dalam atmosfer akan naik. Apabila ini terjadi, dapatlah timbul masalah naiknya suhu oleh karena adanya apa yang disebut efek rumah kaca. Efek rumah kaca ini dapat kita rasakan dalam mobil yang

semua jendelanya tertutup dan diparkir di tempat yang terkena sinar matahari. Sinar matahari akan menembus kaca mobil dan di dalam mobil sinar itu berubah menjadi panas. Panas ditahan oleh kaca dan tidak dapat ke luar. Karena itu suhu dalam mobil akan naik dan terasalah sangat panas dalam mobil itu.

CO_2 di dalam atmosfer bumi dapat ditembus oleh sinar matahari. Oleh penyinaran matahari, udara dan permukaan bumi menjadi panas. Panas ini tertahan oleh gas CO_2 yang terdapat di dalam atmosfer, sehingga tidak dapat memancar ke luar ke angkasa. Makin tinggi kadar CO_2 makin baik penahanan panas itu, sehingga suhu bumi akan naik, seperti halnya suhu dalam mobil yang diparkir di tempat yang panas akan naik. Kenaikan suhu dikhawatirkan akan merubah iklim bumi dan mencairkan es di kutub. Dengan mencairnya es di kutub, permukaan laut akan naik, dan kota di pantai, seperti Jakarta, Surabaya, Singapura, Manila, Tokyo, dan New York, sebagian akan terendam laut.

Tidak semua ahli setuju pada efek rumah kaca CO_2. Untuk membuktikannya amatlah sulit. Tetapi karena efek rumah kaca itu sangat besar dan sangat merugikan, tentulah ia harus dipelajari dengan teliti. Di dunia internasional memang dilakukan penelitian dengan sangat giat dalam bidang ini. Dengan penelitian yang intensif itu makin banyak data yang menunjukkan bahwa suhu permukaan bumi dalam 100 tahun terakhir ini telah naik.

Berbagai macam oksida (HO_x, NO_x, O_x dan ClO_x) dicurigai dapat merusak lapisan ozon di stratosfer yang melindungi bumi dari sinar ultra violet dari matahari. Macam-macam oksida dihasilkan dalam pembakaran bahan bakar, pemupukan, penggunaan aerosol dan proses alamiah. Aerosol dipakai dalam bermacam produk yang dapat disemprotkan dari kaleng dengan memijat sebuah tombol dengan jari tangan kita, misalnya zat pewangi ruangan dan racun hama. Apabila kecurigaan pengaruh merusak terhadap lapisan ozon benar, pencemaran itu sungguhlah amat berbahaya. Kerusakan lapisan ozon yang parah akan dapat menyebabkan kepunahan

semua kehidupan di bumi, termasuk manusia. Karena efeknya dapat sangat fatal, kiranya perlulah kita waspada.

Ketiga contoh di atas efeknya tidak lokal, melainkan mempunyai efek internasional, bahkan untuk CO_2 dan kerusakan lapisan ozon bersifat meliputi seluruh dunia. Karena sifat yang luas ini kerjasama internasional mutlak diperlukan, sebab masalah itu tidak dapat dipecahkan oleh satu negara saja. Bagi negara yang sedang berkembang sulit untuk ikut melakukan penelitian tentang hujan asam, efek rumah kaca CO_2 dan efek kerusakan lapisan ozon, karena memerlukan peralatan yang maju dan penelitian itu mahal. Karena itu kebijaksanaan tentang pencemaran sejenis itu akan sangat tergantung pada hasil penelitian di negara yang sudah maju, sehingga tidak mustahil kita akan dirugikan. Mengingat hal itu kita haruslah waspada. Walaupun kita tidak melakukan penelitian sendiri, namun kita harus mengikuti perkembangan penelitian itu. Kita harus mengkaji hasilnya dengan seksama untuk dapat mencegah dirumuskannya kebijaksanaan yang dapat merugikan kita.

Pencemaran oleh pestisida sebenarnya telah luas, tetapi untungnya masih dalam tingkat yang rendah. Namun kita sudah harus waspada, karena mungkin telah mempengaruhi ekosistem alamiah. Efek jangka panjang pengaruh ini tidaklah diketahui. Pencemaran oleh pupuk belumlah diketahui banyak di Indonesia. Ada kemungkinan pupuk yang dipakai sebagian tercuci oleh air pengairan dan air hujan dan telah memperbesar efek limbah domestik dalam penyuburan perairan. Penyuburan perairan telah memacu pertumbuhan eceng gondok dan gulma air lainnya, sehingga banyak danau, waduk, sungai dan saluran pengairan tertutup oleh eceng gondok dan gulma air yang lain. Beberapa contoh ialah Danau Kerinci dan Rawa Pening. Di Danau Toba juga mulai nampak pertumbuhan eceng gondok di sekitar Prapat, mungkin karena limbah domestik dari perkampungan, hotel dan rumah makan.

Masalah eceng gondok serupa dengan masalah pencemaran yang lain, yaitu masyarakat dan pemerintah tidak bertindak sebelum terlambat. Sebab pada permulaannya pertum-

buhan eceng gondok perlahan-lahan, tetapi kemudian meningkat dengan cepat. Pada waktu fase pertumbuhan yang lambat, eceng gondok tidak dianggap berbahaya dan diabaikan. Padahal pada waktu inilah sebenarnya mudah dilakukan pemberantasan. Tetapi baru setelah eceng gondok memasuki fase pertumbuhan yang cepat, orang terkejut dan mulai bertindak. Pemberantasan pada fase pertumbuhan yang cepat ini umumnya telah terlambat. Walaupun dengan tenaga dan biaya yang besar, tidak lagi terkendalikan, misalnya di Rawa Pening.

Makin besar jumlah penduduk, makin besar kebutuhan akan sumberdaya. Untuk penduduk yang agraris meningkatnya kebutuhan sumberdaya itu adalah terutama lahan dan air. Dengan berkembangnya teknologi dan ekonomi, kebutuhan akan sumberdaya lain juga akan meningkat, yaitu bahan bakar dan bahan mentah untuk industri. Dengan makin meningkatnya kebutuhan sumberdaya itu, terjadilah penyusutan sumberdaya. Penyusutan sumberdaya berkaitan erat dengan pencemaran. Makin besar penggunaan sumberdaya, laju penyusutan makin besar dan pada umumnya makin besar pula pencemaran.

Hal ini nampak dengan jelas di negara yang telah maju. Mereka menggunakan bahan logam, non-logam dan energi, dalam jumlah yang berlipat ganda dari kita. Tingkat pencemaran di negara itu juga lebih tinggi dari umumnya di negara kita. Hal ini juga nampak, jika kita bandingkan antara kota dan desa. Konsumsi BBM, misalnya, lebih tinggi di kota daripada di desa dan pencemaran lingkungan juga lebih tinggi di kota daripada di desa.

Sumberdaya yang terbarukan, misalnya udara, tidak mengalami penyusutan. Tetapi karena pencemaran, mutunya menurun dan menjadi tidak atau kurang sesuai untuk hidup kita. Dalam arti kesesuaian untuk peruntukan dapat juga dikatakan, sumberdaya itu telah mengalami penyusutan. Misalnya, di Jakarta banyak orang dan perusahaan menggunakan air tawar dengan memompanya dari tanah. Karena pemompaan itu melebihi kemampuan pengisian kembali persediaan air tanah, air laut meresap ke dalam dan terjadi-

lah pencemaran. Dalam hal ini air tanah tetap ada, tetapi tidak sesuai lagi untuk keperluan rumah tangga.

Walaupun air adalah terbarukan, tetapi energi yang dibangkitkan oleh air, yaitu PLTA, tidaklah terbarukan. Hal ini disebabkan karena PLTA mempunyai umur tertentu. Ada yang panjang, ada yang pendek. PLTA di Siguragura di Sumatera Utara akan berumur panjang. Tetapi sebagai proses alamiah, Danau Toba pun lambat laun akan berubah menjadi daratan. Umur PLTA yang dibangun dengan membuat bendungan di sungai umumnya akan lebih pendek dari PLTA di Siguragura, karena waduk yang terbentuk lebih kecil daripada Danau Toba dan banyak sungai mengalami tingkat erosi yang tinggi. Banyak waduk diperkirakan umurnya berkisar 30—100 tahun.

Karena energi dari PLTA tidak terbarukan, penggunaan listrik dari PLTA sifatnya juga akan menyebabkan penyusutan sumberdaya energi air. Hal ini sering tidak diinsyafi dan dianggap, penggantian BBM oleh PLTA merupakan penggantian energi yang tak terbarukan oleh energi yang terbarukan. Karena sifat PLTA yang tak terbarukan, penggunaannya juga harus hemat. Perbedaan antara BBM dan PLTA ialah PLTA bersifat bersih tidak mencemarkan. Jadi penyusutan sumberdaya air itu tidak dibarengi oleh pencemaran. Namun kini telah diketahui bahwa waduk yang diperlukan untuk PLTA adalah sumber emisi gas metan yang merupakan sejenis gas rumah kaca. Walaupun demikian, PLTA juga membawa masalah, karena untuk pembuatan waduk lahan pertanian, desa atau dan hutan akan tergenang.

Oleh karena adanya hubungan yang erat antara penyusutan sumberdaya dan pencemaran, serta untuk hidup kita, kita memerlukan banyak sumberdaya, penyusutan sumberdaya berarti mengurangi kemampuan lingkungan untuk mendukung kehidupan kita. Karena itu pengelolaan sumberdaya berkaitan sangat erat dengan pengelolaan lingkungan.

8. PENANGGULANGAN PENCEMARAN DAN PENYUSUTAN SUMBERDAYA

Pencemaran paling utama di Indonesia ialah pencemaran oleh limbah domestik, oleh karena luasnya daerah pencemaran dan besarnya jumlah korban. Karena itu penanggulangannya harus diberi prioritas utama. Akan tetapi umumnya masyarakat, pers dan pemerintah lebih memberi perhatian pada limbah industri. Mungkin orang telah terbiasa dengan pencemaran oleh limbah domestik. Juga karena penanggulangan limbah industri memberi citra modern. Misalnya, penelitian terhadap limbah industri jauh lebih banyak daripada penelitian terhadap limbah domestik. Tetapi untunglah Departemen Kesehatan dan Departemen Pekerjaan Umum memberikan perhatian yang cukup, terutama dalam kaitannya dengan program air bersih, yang merupakan pula program internasional.

Penanggulangan pencemaran oleh limbah domestik, terutama yang berasal dari rumah tangga, amatlah pelik. Sebab sumber pencemarannya amat banyak, yaitu sekitar 200 juta orang, yang tersebar sampai ke pelosok-pelosok, banyak yang melarat dan tidak terpelajar. Karena kemelaratan, kemampuan untuk menanggulangi pencemaran itu sangat terbatas. Misalnya, hanya kota-kota besar yang mampu untuk menjernihkan air untuk keperluan rumah tangga. Rendahnya pendidikan menyebabkan banyak orang tidak menyadari adanya pencemaran, baik di kota maupun di desa. Orang menjadi terbiasa untuk menggunakan air yang tercemar untuk masak, mandi, dan gosok gigi.

Pembuangan sampah padat, juga di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya dan Medan, tidak dapat dilaksanakan dengan baik.

Pada satu pihak jumlah limbah akan terus bertambah dengan naiknya jumlah penduduk, pada lain pihak kemampuan untuk penjernihan air dan pembuangan sampah terbatas. Karena itu timbullah pertanyaan apakah masalah limbah dapat diatasi dengan memanfaatkannya, yaitu dengan cara yang disebut daurulang. Cara ini sebenarnya telah dilakukan secara tradisional di desa-desa, yaitu dengan

menggunakan limbah untuk makanan ternak dan ikan. Walaupun daurulang itu efektif, tetapi sering tidak higienis, sehingga menimbulkan masalah kesehatan. Dalam hal ini masalahnya bukanlah untuk membuang sistem daurulang itu, melainkan untuk memperbaikinya untuk mengatasi masalah higienisnya.

Di kota daurulang sampah padat sebenarnya juga terjadi. Misalnya, pemungutan puntung rokok, pengumpulan plastik dan kaleng bekas serta pecahan kaca adalah sejenis daurulang. Tetapi itu hanya sebagian kecil limbah. Sebagian besar tertumpuk dan mencemari lingkungan. Cara daurulang itu juga tidak manusiawi, dalam arti hanya memberikan pendapatan yang kecil serta tidak higienis. Akan tetapi ini tidak berarti, daurulang harus ditinggalkan. Masalahnya ialah bagaimana membuat daurulang itu lebih efisien dan higienis (Gambar 7.15).

Banyak kota di luar negeri mulai menggunakan sampah padat sebagai bahan bakar untuk membangkitkan listrik. Ada juga yang menggunakan sebagai bahan untuk kompos. Masalahnya ialah untuk memisahkan bahan yang tidak dapat dikomposkan, seperti plastik dan pecahan kaca. Kertas bekas dapat diolah lagi menjadi kertas. Sampah juga dapat digunakan untuk bahan bangunan. Reklamasi lahan dapat dilakukan dengan mengurugnya dengan sampah dengan cara yang higienis. Di banyak kota di Amerika Serikat, sampah restoran digunakan untuk makanan babi.

Di Indonesia tinja dan limbah cair domestik di kota sama sekali tidak didaurulangkan. Di beberapa kota besar, misalnya di London, limbah cair di riol diolah menjadi biogas. Biogas yang diproduksi kemudian digunakan sebagai energi untuk menjalankan peralatan pengolahan air menjadi air bersih untuk rumah tangga. Di Bandung sebenarnya dulu juga ada pengolahan limbah cair dengan menggunakannya untuk produksi biogas, yaitu Imhoff tank di Bojongloa, di selatan kota. Alat itu telah lama tidak bekerja. Di Australia limbah cair digunakan untuk mengairi rumput untuk makanan ternak.

Sebenarnya di Indonesia sudah diketahui cara penjernih-



Gambar 7.15. Daurulang sampah kota. Truk sampah diserbu wanita yang mengumpulkan barang bekas: kaleng, besi, pecahan beling, plastik. Pekerjaan yang memberi pendapatan yang rendah, dengan risiko kesehatan yang tinggi. *Foto: Yayat Dhahiyat*

an air yang sederhana dan murah, yaitu dengan eceng gondok. Rakyat di Jawa Barat sudah banyak melakukannya dengan menanam eceng gondok di kolam yang digunakan sebagai sumber air. Salah satu contohnya ialah di desa Legok, dekat kota Sumedang. Rakyat menggunakan sebuah kolam besar sebagai sumber airnya. Di kolam itu terdapat beberapa kamar mandi dan di kolam di tanam eceng gondok yang tumbuhnya sangat rapat. Air kolam itu dipompa ke rumah-rumah di sekitar kolam. Sebagian lagi dijual oleh penjaja air kepada penduduk yang rumahnya agak jauh (Gambar 7.16).

Menurut laporan dari luar negeri eceng gondok dapat memperbaiki mutu kimia air dan mengurangi jumlah bakteri. Masih perlu diteliti apakah hal ini benar di Indonesia. Kecuali itu sebelum cara ini diterapkan secara besar-besaran, harus pula diteliti apakah eceng gondok tidak menjadi



Gambar 7.16. Eceng gondok yang berfungsi sebagai penjernih air. Teknologi tradisional yang murah dan efektif.

Foto: Otto Soemarwoto

tempat kehidupan serangga yang menularkan penyakit, misalnya nyamuk. Tetapi yang jelas, orang desa telah memberi petunjuk kepada kita tentang cara penjernihan air yang sederhana dan murah yang mungkin dapat diterapkan secara luas. Ia merupakan sebuah contoh tentang kearifan ekologi.

Di desa Legok itu eceng gondok setelah jumlahnya terlalu banyak diambil dan dibuang. Jadi, belum dimanfaatkan. Seandainya dimanfaatkan, misalnya untuk biogas, makanan ternak atau kerajinan tangan, penjernihan air dengan eceng gondok itu merupakan suatu cara daurulang.

Di dalam industri, prinsip daurulang juga telah dilakukan Misalnya, gas SO_2 yang merupakan zat pencemar yang terbentuk dalam pembakaran BBM atau batubara dalam pabrik dikumpulkan dan diolah menjadi asam sulfat. Asam sulfat itu dijual sebagai hasil samping industri itu dan membawa keuntungan, jika dihitung dari biaya pengolahan zat pence-

mar itu. Keuntungan daurulang itu ialah pabrik dapat penghasilan tambahan dan masyarakat tidak menderita pencemaran. Banyak penelitian sekarang dilakukan untuk mendaurulangkan berbagai jenis limbah industri.

Uraian di atas menunjukkan teknologi untuk daurulang sampah telah banyak diketahui. Banyak kota di luar negeri telah menerapkannya. Karena itu menjadi pertanyaan mengapa belum dilakukan di Indonesia. Seandainya tidak ekonomis, dapatkah dilakukan perhitungan dengan memperhatikan biaya lingkungan? Misalnya, sebuah kota harus mengeluarkan biaya Rp 5.000.000,– untuk pembuangan sampah. Apabila kota itu mengolah sampahnya, ia menderita kerugian Rp 2.000.000,–. Bukankah dalam hal ini pengolahan sampah itu sebenarnya menguntungkan, yaitu kota hanya mengeluarkan biaya Rp 2.000.000, – dalam bentuk kerugian usaha pengelolaan sampah? Jadi kota menghemat biaya untuk sampah sebesar Rp 5.000.000, – – Rp 2.000.000,– = Rp 3.000.000,–. Keuntungan lain ialah penyusutan sumberdaya dapat dikurangi, karena sampah telah mengisi sebagian kebutuhan sumberdaya itu. Misalnya, jika sampah diolah menjadi kompos, sebagian kebutuhan pupuk dapat diisi oleh kompos. Kompos, kecuali mengandung unsur hara, seperti zat nitrogen dan fosfor, juga dapat memperbaiki struktur tanah. Tetapi kritik yang dilancarkan ialah perusahaan pengolahan kompos itu telah merugi dan hidup dari subsidi Pemerintah.

Pengalaman di luar negeri menunjukkan pendaurulangan sampah dapat sangat mengurangi penyusutan sumberdaya. Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat telah menghitung, apabila semua jenis botol dapat diproses kembali, negara itu setiap tahunnya akan dapat menghemat 500.000 ton aluminium, 1.500.000 ton baja, dan 5.200.000 ton kaca. Itu baru dari botol. Belum lagi barang bekas lainnya seperti mobil bekas yang jumlahnya sangat besar. Penghematan itu juga akan mengakibatkan penghematan energi. Misalnya, energi yang diperlukan untuk mendaurulangkan aluminium hanyalah 4% energi yang diperlukan untuk memproduksi aluminium dari bauxit, yaitu bahan tambang alu-

minium; untuk daurulang tembaga energi yang diperlukan ialah 10% energi untuk memproduksi tembaga dari bahan tambang; daurulang kertas menghemat energi 23% dibanding dengan produksi kertas dari kayu; penghematan energi untuk produksi baja dari baja bekas adalah sebesar 47%. Dapatlah dimengerti mengapa di Jepang, negara yang sangat tergantung pada impor minyak dan bahan baku industri, daurulang telah melonjak dari 16% dalam 1974 menjadi 48% dalam 1978. Jepang juga mengimpor banyak sekali mobil bekas dari Amerika Serikat dan baja bekas dari negeri lain sebagai bahan baku industri bajanya. Angka-angka itu menunjukkan betapa pentingnya daurulang sampah harus diperhatikan.

Penyusutan sumberdaya juga dapat dikurangi dengan penggunaan sumberdaya dengan lebih efisien, baik di dalam industri maupun dalam kehidupan kita sehari-hari. Di Jepang, misalnya, laju pertumbuhan ekonomi lebih besar daripada laju pertumbuhan konsumsi energi. Jadi laju pertumbuhan ekonomi tidak terikat secara proporsional dengan laju konsumsi energi.

2. PEMBURU DAN PENGUMPUL

Dalam masyarakat yang primitif orang tidak mengenal pertanian dan peternakan. Tumbuhan untuk dimakan mereka kumpulkan dari hutan, rawa atau padang rumput, dan hewan mereka buru atau tangkap di hutan, danau, sungai dan laut. Pemburu dan pengumpul makanan ini masih terdapat di Indonesia, antara lain di Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya. Namun cara hidup dengan berburu dan mengumpulkan tidak selalu menjadi ciri keprimitifan. Masyarakat yang telah mencapai tingkat kebudayaan yang tinggi pun masih melakukan hal ini. Misalnya, di Maluku orang tidak menanam pohon sagu, melainkan mengumpulkan sagu dengan menebang pohon sagu di hutan. Sebagai sumber proteinnya orang menangkap ikan di laut. Ikan itu juga tidak diternakkan. Pada umumnya perikanan laut masih merupakan perburuan yang tidak banyak berbeda dengan perburuan yang dilakukan oleh masyarakat yang primitif, meskipun dilakukan oleh bangsa yang telah maju. Beberapa contoh ialah perikanan di Lautan Atlantik oleh nelayan Amerika, di Laut Utara oleh nelayan Inggris, Belanda, Norwegia, dan Jerman, dan di Lautan Pasifik oleh nelayan Jepang. Penangkapan ikan paus oleh, antara lain, orang Jepang dan Rusia, juga mempunyai sifat perburuan tanpa peternakan. Dibanding dengan pemburu dan pengumpul yang primitif, perburuan dan pengumpulan oleh orang modern bersifat komersial dan memberi hasil yang tinggi. Tetapi hasil yang tinggi membawa bahaya penyusutan sumberdaya, sehingga hasil panenan menurun kuantitas dan mutunya. Hal ini terlihat pada perikanan *anchovi* di pantai barat Amerika Latin, perikanan haring di Laut Utara, perikanan di Teluk Siam, dan penangkapan ikan paus. Banyak jenis ikan paus telah punah. Sebaliknya perburuan dan pengumpulan oleh orang primitif dilakukan dengan sangat hati-hati dan terikat pada peraturan yang sangat ketat untuk menjaga tidak terjadinya kerusakan sumberdaya. Misalnya, di Pulau Siberut hasil buruan tidak boleh dimakan sendiri, melainkan harus dibagi. Dengan cara ini tidak ada daging yang menjadi mubazir dan jumlah

hewan yang diburu dapat dibatasi. Pengaturan didasarkan pula pada kepercayaan bahwa hewan dan tumbuhan mempunyai roh. Karena itu membunuh hewan dan menebang pohon hanya dilakukan bila perlu saja, misalnya untuk makan atau untuk membuat rumah. Walaupun kepercayaan itu sendiri tidak dapat kita terima, tetapi pranata yang menghargai segala kehidupan ciptaan Tuhan wajiblah kita hormati. Wajiblah pula kita mencontoh pranata dalam masyarakat untuk menjaga tidak terjadinya penyusutan sumberdaya.

Hasil panen pemburu dan pengumpul yang primitif adalah rendah. Karena itu cara hidup yang demikian hanya dapat mendukung kepadatan penduduk yang rendah. Walaupun hasilnya rendah, tetapi nisbah energi keluaran terhadap energi masukan adalah tinggi. Artinya, untuk setiap satuan kalori makanan yang dipungut, diperlukan jumlah kerja yang kecil. Karena itu orang yang primitif sebenarnya tidak perlu bekerja berat untuk mendapatkan makanannya. Pada penangkapan ikan dengan menggunakan kapal bermotor yang modern, nisbah energi keluaran terhadap energi masukan adalah kecil. Jadi, untuk mendapatkan satu kalori ikan yang ditangkap, diperlukan energi yang besar. Energi ini didapatkan dari BBM.

Hasil panen pemburu dan pengumpul, baik yang primitif maupun yang modern, sangat tergantung pada alam. Bila musim sedang baik, hasilnya tinggi, dan sebaliknya. Karena itu, para pemburu dan pengumpul mempunyai pengetahuan yang baik tentang ekologi tumbuhan dan hewan yang menjadi makanan mereka. Tumbuhan dan hewan yang dapat dimakan dan yang beracun mereka ketahui. Mereka tahu tentang jenis dan kelakuan tumbuhan dan hewan dalam kaitannya dengan musim dan faktor lingkungan yang lain. Misalnya, mereka mengetahui, kijang tertarik pada daun rumput yang muda. Dengan membakar alang-alang, daun muda akan tumbuh setelah ada hujan. Karena itu dengan pembakaran alang-alang, mereka dapat memperbesar hasil perburuan mereka. Pengetahuan mereka tentang habitat berbagai jenis tumbuhan dan hewan menjadi petunjuk

di mana mereka dapat menemukan tumbuhan dan hewan yang mereka kehendaki. Misalnya, orang tahu habitat sagu adalah daerah berawa. Karena itu orang mencari tumbuhan sagu tidak di pegunungan, melainkan di lembah sungai yang berawa dekat pantai. Pengumpul benih ikan bandeng, yang disebut nener, juga tahu tempat dan musim untuk menangkap nener. Para nelayan juga mengetahui musim yang baik untuk menangkap jenis ikan tertentu.

Sifat musiman pada tumbuhan dan hewan sangat jelas di daerah yang mempunyai sifat musim yang tegas. Misalnya, di daerah dengan perbedaan musim hujan dan musim kemarau yang tegas. Dalam daerah yang beriklim demikian persediaan makanan berubah jenisnya dan jumlahnya berfluktuasi menurut musim. Dalam musim hujan persediaan makanan lebih banyak daripada dalam musim kemarau. Para pemburu dan pengumpul mengadaptasikan diri pada situasi ini dengan memakan jenis dan jumlah makanan yang berubah menurut musim. Adaptasi lain ialah dengan bermigrasi mengikuti hewan buruannya atau pindah ke tempat lain yang masih dapat ditumbuhi oleh tumbuhan yang mereka sukai. Misalnya, orang yang hidup di lembah sungai. Dalam musim hujan, lembah itu sebagian tergenang air menjadi rawa. Dalam musim hujan, bagian atas lembahlah yang dihuni. Dalam musim kemarau, air menyusut. Demikian pula air tanah. Lembah bagian atas menjadi terlalu kering, dan tumbuhan dan hewan jumlahnya berkurang. Orang bergerak ke bawah mengikuti hewan buruannya dan tumbuhan yang dimakan. Migrasi ini sifatnya sirkuler.

3. PERLADANGAN BERPINDAH

Berbeda dengan pemburu dan pengumpul yang menggantungkan nasibnya pada apa yang mereka temukan di lapangan, peladang berpindah telah melakukan bercocok tanam, yaitu mereka telah menanam jenis tanaman tertentu. Umumnya mereka juga telah menternakkan hewan tertentu, misalnya babi. Karena itu mereka telah melakukan pembudidayaan tumbuhan dan hewan. Dalam proses pembudida-

yaan itu tumbuhan dan hewan yang mereka anggap berguna mereka pilih dan mereka pelihara di sebidang lahan yang mereka siapkan, pelihara dan jaga. Proses seleksi untuk mendapatkan jenis yang unggul telah dimulai. Seleksi itu dilakukan dari populasi tumbuhan dan hewan yang mereka tanam dan pelihara, dan juga dari populasi alam. Perkawinan silang atau yang berencana belum dilakukan, melainkan hibridisasi itu terjadi secara alamiah. Hibridisasi itu tidak hanya terjadi antara varietas yang telah dibudidayakan, melainkan juga antara varietas yang telah dibudidayakan dengan varietas yang masih liar. Sebab sering terjadi varietas yang liar tumbuh sebagai gulma di antara varietas yang telah dibudidayakan. Juga terjadi perkawinan antara babi yang diternakkan dengan babi liar. Hal yang serupa juga terjadi pada ayam.

Dengan adanya seleksi itu terjadilah perubahan evolusioner dalam sifat jenis yang dibudidayakan, antara lain pertumbuhan yang lebih cepat, hasil yang lebih tinggi dan mengandung sifat rasa, warna dan bentuk yang disukai. Sifat yang tidak disukai, misalnya duri, rasa pahit, dan kandungan zat yang beracun, berkurang atau hilang dalam proses seleksi.

Perladangan berpindah mempunyai bermacam-macam variasi. Pada dasarnya terdiri atas membuka sebidang hutan, dan menanami lahan hutan yang telah dibuka ini selama dua atau tiga tahun. Kemudian lahan itu ditinggalkan dan membuka lahan hutan baru di tempat lain, dan seterusnya. Setelah lahan dibuka, sebagian kayu digunakan untuk memagari sebidang lahan yang telah dibuka untuk melindunginya dari hewan, misalnya babi hutan. Kayu yang tidak dipakai, ranting, dan daun setelah kering dibakar. Pembakaran ini membebaskan mineral yang terkandung di dalam bahan organik tumbuh-tumbuhan. Mineral dalam abu inilah yang menjadi sumber hara tanaman. Di banyak daerah tropis yang basah, tingkat kesuburan tanah rendah, kecuali di daerah yang volkanis yang secara periodis mengalami peremajaan tanah oleh letusan gunung berapi. Curah hujan yang tinggi telah mencuci mineral dari tanah. Dalam kondisi itu

mineral yang diperlukan untuk pertumbuhan tumbuhan sebagian besar terikat di dalam tubuh tumbuhan. Karena itu faktor penting yang menentukan sukses atau tidaknya pertanaman, ialah baik tidaknya pembakaran dapat dilakukan. Bila pada waktu penebangan banyak terjadi hujan, pembakaran tidak dapat berjalan baik dan pertanaman akan merana.

Setelah pembakaran, penanaman dilakukan tanpa didahului oleh pengolahan tanah. Biji hanya dimasukkan ke dalam lubang yang dibuat dengan kayu. Bahan tanaman lain, misalnya batang ubi jalar, tebu dan singkong, juga ditanam dengan sangat sederhana. Jenis yang ditanam bermacam-macam, misalnya padi gogo, ubi jalar, talas, jagung, singkong, dan tebu. Jenis yang ditanam itu ditentukan oleh faktor iklim, tanah dan tradisi. Di tempat yang sudah terpengaruh oleh ekonomi pasar, ditentukan juga oleh permintaan pasar. Pemeliharaan tanaman, seperti menyiang dan pemberantasan hama dan penyakit, praktis tidak dilakukan.

Di daerah yang curah hujannya tinggi, hewan tidak memegang peranan penting dalam perladangan berpindah. Hewan yang sering dipelihara ialah babi dan unggas. Di daerah yang kering, ternak memegang peranan penting. Perpindahan lebih ditentukan untuk mendapatkan makanan ternak.

Dalam perladangan berpindah, kampung dapat berpindah-pindah pula. Tetapi ada juga yang kampungnya menetap dan orang membuat gubug sementara di tempat ladangnya.

Setelah dua atau tiga kali panen, hasil panen telah sangat menurun. Penurunan ini disebabkan oleh menurunnya kesuburan tanah, karena mineral dari abu telah terserap oleh tanaman dan sebagian lagi tercuci oleh hujan. Penurunan hasil juga disebabkan oleh makin banyaknya gulma, hama dan penyakit yang mengganggu tanaman. Tempat itu lalu ditinggalkan dan akan kembali menjadi hutan lagi. Selama pertumbuhannya yang bertahun-tahun, pohon-pohonan menyerap dan mengumpulkan mineral di dalam tubuhnya. Daun-daun yang jatuh dan membusuk di lantai hutan juga mengandung mineral. Setelah 25 tahun atau lebih hutan

itu dapat dibakar kembali untuk perladangan. Jadi daur perladangan berpindah sangat panjang, yaitu 25 tahun atau lebih.

Sangatlah menarik bahwa banyak peladang mengetahui, kelangsungan hidup mereka tergantung dari hutan. Karena itu, kecambah tumbuhan hutan yang tumbuh di petak ladang mereka, tidaklah dimatikan. Tumbuhan itu dibiarkan tumbuh, walaupun tumbuhan hutan itu mendesak tanaman mereka dan akhirnya memaksa mereka untuk pindah.

Pemilihan tempat berladang yang baru, tidaklah dilakukan secara acak. Pada banyak peladang mereka mengirimkan dulu orang yang berpengalaman untuk melakukan survai dan memilih tempat yang dianggap sesuai. Pemilihan tempat itu dilakukan berdasarkan petunjuk tertentu, misalnya jenis tumbuhan yang digunakan sebagai indikator kesesuaian tanah. Pengetahuan para peladang tentang tumbuhan, hewan dan faktor fisik yang berkaitan dengan perladangan sering menakjubkan. Karena itu apabila perladangan tidak terganggu, cara itu merupakan sistem bercocok tanam yang terlanjutkan. Anggapan bahwa perladangan merusak lingkungan tidaklah benar. Seandainya anggapan ini benar, sebagian besar tanah air kita telah menjadi padang pasir, karena perladangan berpindah telah dilakukan di banyak tempat di tanah air kita selama berabad-abad. Perladangan berpindah itu merupakan adaptasi terbaik masyarakat yang tingkat teknologinya rendah terhadap tingkat kesuburan tanah yang rendah. Seandainya mereka itu tidak melakukan perladangan berpindah, melainkan pertanian yang menetap, justru akan terjadi kerusakan lingkungan yang besar.

Akan tetapi apabila perladangan berpindah itu terganggu, yang memaksa daur perladangan menjadi pendek, misalnya dari 25 tahun menjadi 5 tahun atau kurang, terjadilah kerusakan. Hutan tidak dapat pulih lagi dan dengan itu kesuburan tanah juga terus merosot. Akhirnya akan terjadilah padang alang-alang. Gangguan itu dapat berupa kenaikan kepadatan penduduk atau diambilnya sebagian areal perladangan untuk pembalakan atau keperluan lain. Kenaikan

kepadatan penduduk terjadi karena faktor kebudayaan dan alamiah yang mengatur kepadatan penduduk masyarakat peladang telah hilang, misalnya dilarangnya peperangan antar-suku dan menurunnya tingkat kematian karena naiknya tingkat kesehatan masyarakat. Dari segi pembangunan faktor pengatur kepadatan yang berupa peperangan antar-suku dan tingkat kematian yang tinggi tentulah tidak baik. Tetapi dari segi pengatur kenaikan kepadatan penduduk, hilangnya faktor itu merupakan gangguan.

Uraian di atas tidaklah dimaksudkan untuk mempertahankan diteruskannya perladangan berpindah. Kondisi lingkungan telah berubah. Penduduk terus bertambah. Kebutuhan lahan untuk macam-macam keperluan juga bertambah, sedangkan perladangan berpindah yang tradisional memerlukan lahan yang luas. Sistem itu tidak sesuai lagi dengan kondisi lingkungan sekarang. Namun harus diakui dalam sistem itu ada segi baiknya. Oleh karena adanya segi yang baik ini, perladangan berpindah juga dilakukan pada sistem pertanian yang lebih modern. Di Jawa Barat, misalnya, terdapat sistem talun kebun yang merupakan perladangan berpindah dalam hutan buatan manusia. Hal ini telah diuraikan dalam Bab VII dalam bagian tentang penanggulangan lahan kritis. Sejenis perladangan berpindah adalah pula pertanaman tembakau Deli di Sumatera Utara. Dalam pertanaman tembakau ini lahan setelah ditanami diistirahatkan selama kira-kira 8 tahun. Tetapi sekarang dengan adanya tekanan penduduk, sebagian lahan telah diambil oleh rakyat, dan daur 8 tahun makin menjadi pendek.

Dalam perladangan berpindah nisbah energi keluaran terhadap masukan juga tinggi. Jadi walaupun nampaknya kehidupan sulit, tetapi sebenarnya pekerjaan untuk mendapatkan makanan tidaklah berat.

4. PERTANIAN MENETAP

Umumnya pertanian menetap dianggap sebagai tingkat evolusi tertinggi dalam perkembangan masyarakat agraris. Di Indonesia pertanian menetap telah berkembang lama. Perkembangan ini terutama didasarkan pada padi sawah,

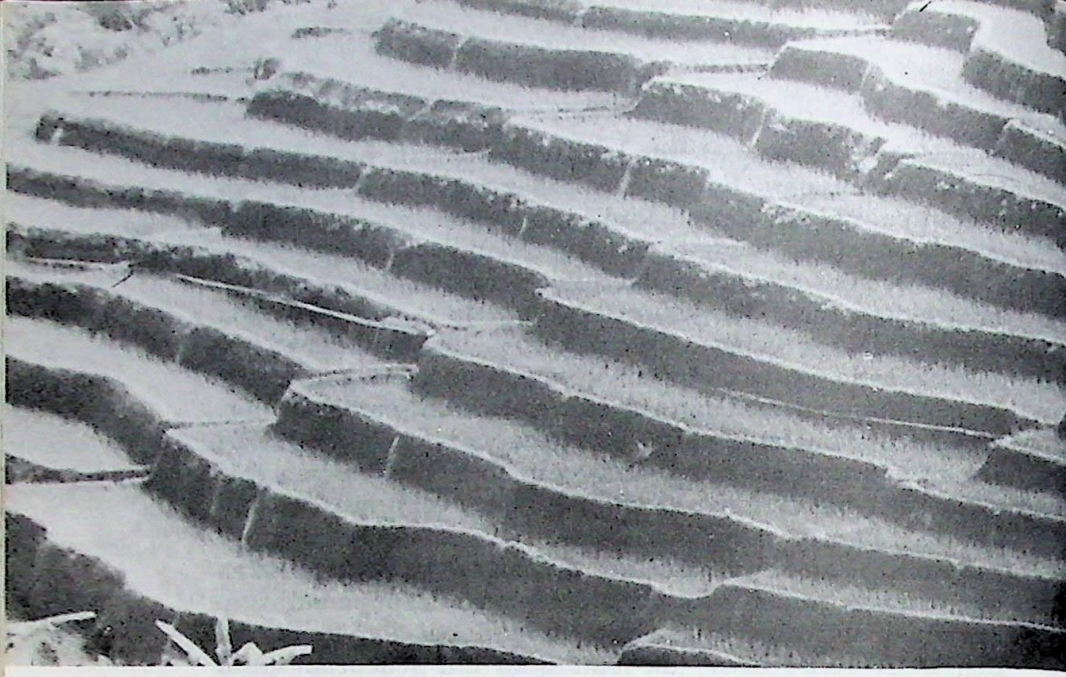
sedangkan padi gogo lebih berkaitan dengan perladangan berpindah, misalnya huma di Jawa Barat. Pertanian menetap dengan padi sawah dimungkinkan, oleh karena sistem sawah merupakan sistem yang terdukung terlanjutkan. Penanaman di satu tempat secara berulang tidak menurunkan kesuburan, sehingga hasil dari tahun ke tahun tidak merosot. Ada beberapa faktor yang menyebabkan padi sawah dapat terdukung terlanjutkan. Pertama, sawah memerlukan petak yang hampir datar dan pematang untuk menahan air. Petak dan pematang, serta aliran air yang pelan-pelan dari petak yang satu ke petak yang lain melindungi tanah dari erosi. Pada waktu hujan deras pun laju erosi rendah. (Gambar 8.1.).

Kedua, untuk menahan air di dalam petak diperlukan suatu lapisan tanah yang tidak tembus air. Lapisan ini biasanya tipis dan terdapat kira-kira 15 cm di bawah permukaan. Dengan adanya lapisan tak tembus air ini, pencucian unsur hara sangatlah sedikit, sehingga kesuburan tanah tidak merosot.

Ketiga, lumpur yang terdapat dalam air pengairan mengendap di petak sawah, karena air mengalir dengan perlahan-lahan sekali. Lumpur itu pada umumnya subur, karena berasal dari lapisan tanah atas. Apalagi jika tanah itu bersifat volkanik muda.

Keempat, di dalam air sawah hidup berbagai jenis mahluk yang dapat menambat zat nitrogen (N) udara, antara lain ganggang biru-hijau *Anabaena sp.* Ada pula ganggang biru-hijau yang hidup di dalam daun paku-pakuan air *Azolla.* Ganggang dan *Azolla* hidup bersimbiosis, yaitu saling menguntungkan. Akhir-akhir ini juga diketemukan adanya bakteri yang menambat nitrogen udara yang hidup dalam *rhizosphere* padi, yaitu di sekitar akar. Dengan adanya mahluk penambat nitrogen udara, sawah dengan terus-menerus mengalami pemupukan nitrogen. Jumlah nitrogen yang tertambat selama satu musim tanam dapat sampai 80 kg per hektar, jadi kira-kira setara dengan 175 kg urea per hektar. Sungguh jumlah yang tidak sedikit.

Kelima, pembuatan sawah memerlukan investasi yang



Gambar 8.1. Sawah merupakan adaptasi terhadap daerah yang bergunung dan bercurah hujan tinggi. Erosi kecil dan kesuburan dapat terjaga. Produksi tinggi yang terlanjutkan dapat terjamin.
Foto: Otto Soemarwoto

tinggi dalam tenaga, modal dan waktu. Karena itu setelah sawah jadi, orang tidak suka untuk meninggalkannya.

Keenam, sawah memberikan kemungkinan untuk dinaikkan produksinya dengan intensifikasi. Intensifikasi itu bukanlah hanya baru-baru ini saja dilakukan, melainkan sudah sejak dulu secara tradisional. Intensifikasi tradisional tidaklah memberikan hasil yang tinggi seperti intensifikasi dengan teknologi modern. Dengan intensifikasi itu sawah juga dapat menyerap tenaga yang makin banyak. Dengan produksi yang tinggi dan penyerapan tenaga kerja yang makin banyak, sawah dapat mendukung kepadatan penduduk yang tinggi.

Tentang asal mula perkembangan sawah ada yang berpendapat berasal dari perladangan padi gogo. Menurut pendapat ini padi sawah mula-mula berkembang dari pegunungan dan

kemudian meluas ke lembah dan dataran rendah. Sebab, dianggapnya di lembah sungai dan dataran rendah pengendalian air adalah paling sulit. Pendapat ini secara implisit mengandung anggapan bahwa dalam populasi padi gogo suatu ketika diketemukan varietas yang dapat tumbuh di tempat yang tergenang. Dari varietas baru ini lalu berkembang padi sawah.

Penulis tidak dapat menyetujui pendapat ini. Mungkin sekali padi sawah justru berasal dari lembah sungai dan dataran rendah yang berawa. Rawa itu merupakan habitat alamiah untuk padi sawah. Panenan semula dilakukan dengan mengumpulkan butir padi yang tumbuh liar di rawa, yaitu pada waktu masyarakat masih berkebudayaan sebagai pengumpul. Dengan berkembangnya kebudayaan dan teknologi, orang ingin lebih menguasai panenan. Mereka lalu membuat pematang sederhana untuk mengendalikan air, mungkin sekali di bagian rawa yang agak tinggi. Lahirlah sawah dalam bentuk yang sangat sederhana. Lambat laun untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang lebih besar, sawah meluas ke daerah yang lebih tinggi, tetapi yang relatif masih datar, dengan membuat petak yang dikelilingi oleh pematang. Dengan ini sebenarnya ia membuat rawa buatan pada waktu musim hujan. Sawah baru dapat meluas ke daerah pegunungan, setelah orang menguasai teknologi yang lebih tinggi lagi yang memungkinkan mereka untuk dapat membuat pematang dan petak yang mengikuti garis kontur. Di daerah pegunungan juga diperlukan teknologi yang cukup tinggi untuk pengairan, sedang di lembah dan dataran rendah orang mula-mula hanyalah memanfaatkan rawa. Menurut pendapat ini, kita tidak perlu membuat asumsi terjadinya varietas baru dari padi gogo.

Pada waktu ini di daerah yang penduduknya masih jarang dan telah ada sawah, sawah itu terdapat di lembah sungai dan dataran rendah, bukan di pegunungan, misalnya di Sumatera dan Sulawesi. Perladangan terdapat di pegunungan. Daerah sawah dan perladangan sering terpisah jauh. Jadi perladangan dan sawah perkembangannya terpisah. Seandainya sawah berkembang dari perladangan, kita akan

mengharapkan daerah perladangan dan persawahan akan bersambungan.

Sawah dapat dikembangkan oleh orang setempat atau oleh pendatang. Di Jawa Barat, misalnya, orang semula melakukan perladangan padi secara berpindah, yaitu yang disebut huma. Baru beberapa ratus tahun yang lalu kebudayaan sawah masuk ke daerah ini dari Jawa Tengah. Kini di daerah pegunungan masih terdapat huma. Di lembah sungai, daerah yang datar di pegunungan dan di dataran rendah terdapat sawah. Di sini terlihat dengan jelas padi sawah tidak berkembang dari huma.

Penanaman padi sawah memerlukan air banyak. Karena itu padi sawah hanya dapat ditanami sepanjang tahun terusmenerus di daerah yang musim kemaraunya pendek dan basah, juga di daerah yang masyarakatnya telah dapat mengembangkan pengairan dari sungai yang mengalir sepanjang tahun. Di daerah yang lain sawah hanya ditanami dalam musim hujan saja. Di dalam musim kemarau sawah ditanami dengan berbagai macam palawija. Karena itu bersama dengan padi berkembang pula tanaman lain. Di daerah yang musim kemaraunya panjang dan kering, dalam musim kemarau sawah tidak ditanami.

Dengan berkembangnya pertanian yang menetap, pemukiman pun menjadi menetap. Di daerah pemukiman atau di sekitarnya ditanam juga bermacam-macam tumbuhan, antara lain sayuran, buah-buahan, tanaman obat-obatan, dan khususnya di dekat rumah tanaman hias.

Jelaslah walaupun padi merupakan tanaman penting dalam perkembangan pertanian menetap, ia bukanlah satu-satunya tanaman yang dikembangkan, melainkan bersama dengan padi itu berkembang pula banyak sekali jenis tanaman. Polikultur, yaitu penanaman banyak jenis, merupakan ciri yang khas dalam pertanian yang tradisional. Dalam polikultur ini diintegrasikan pula pemeliharaan hewan, seperti unggas, ternak, dan ikan.

Pemukiman yang menetap membuka kemungkinan baru untuk lebih berkembangnya kebudayaan. Kampung dan kota tumbuh dan menjadi pusat kebudayaan dan kekuasa-

an. Banyak kerajaan di Indonesia dimungkinkan berdirinya oleh adanya pertanian yang menetap, misalnya Majapahit, dan Mataram.

5. SUMBER PANGAN

Pangan kita sebagian besar berasal dari tumbuhan. Kira-kira 98% kalori, 90% protein dan 93% lemak dalam makanan kita berasal dari tumbuhan. Peranan hewan sangatlah kecil dalam makanan kita. Daging, telur, susu dan ikan, masing-masing memberi sumbangan kurang dari 1% jumlah kalori yang kita makan. Hanya hampir 3% protein yang kita makan berasal dari daging dan hampir 7% dari ikan; kurang dari 1% berasal dari masing-masing telur dan susu.

Makanan nabati sebagian besar berasal dari biji-bijian, seperti padi dan jagung. Hampir 70% dari kalori dan protein kita berasal dari biji-bijian. Makanan biji-bijian kita yang terpenting ialah padi. Kira-kira 55% kalori dan 50% protein yang kita makan berasal dari padi. Makanan lainnya yang relatif penting ialah ubi-ubian, terutama singkong, dan kacang-kacangan, seperti kedele dan kacang tanah. Protein yang berasal dari kacang-kacangan cukup banyak, yaitu kira-kira 16%. Sumber kalori yang relatif penting adalah juga gula, minyak dan lemak. Jagung, ubi-ubian dan kacang-kacangan secara umum disebut palawija.

Angka di atas merupakan gambaran umum. Keadaan berbeda-beda menurut daerah. Misalnya, di daerah pegunungan di Jawa Tengah dan Jawa Timur, di Madura dan di Nusa Tenggara Timur, jagung merupakan bahan makanan yang penting. Di Maluku dan beberapa daerah lain bahan makanan yang penting ialah sagu, di pedalaman Irian Jaya ubi jalar, di daerah Gunung Kidul di Jawa Tengah bagian selatan singkong. Jenis pangan yang penting juga berubah menurut musim. Di banyak daerah dengan musim kemarau yang panjang, beras banyak dimakan waktu musim panen. Dalam musim paceklik banyak orang makan bahan pangan lain, misalnya jagung dan singkong. Karena itu walaupun secara nasional beras penting, tetapi sebenarnya ada keanekaan menurut tempat dan musim.

Beras sebagian besar berasal dari padi sawah dan sisanya dari padi gogo. Karena itu sumber pangan kita yang penting ialah sawah. Palawija ditanam di tegalan, kebun dan pekarangan.

Padi sawah selalu ditanam sebagai monokultur, walaupun dapat juga pematang ditanami dengan jagung, ubi-ubian dan kacang-kacangan. Di beberapa tempat di tengah petak sawah terdapat petak palawija yang letaknya lebih tinggi dari sawah. Ini terdapat, misalnya, di daerah Yogyakarta bagian barat. Penanaman itu disebut sistem *surjan*.

Di daerah dengan musim hujan yang panjang dan di daerah dengan sistem pengairan yang baik, sawah ditanami sepanjang tahun. Panen dapat dilakukan dua kali setahun dan dengan menanam varietas unggul yang berumur pendek dapat 2½ kali setahun. Di daerah dengan musim kemarau yang panjang dan tidak ada sistem pengairan yang baik, sawah hanya ditanami sekali setahun di dalam musim hujan. Di dalam musim kemarau sawah tidak ditanami atau ditanami dengan palawija, bila masih cukup air untuk pertumbuhan palawija.

Padi gogo dan palawija umumnya ditanam dengan cara bercampur, yaitu yang disebut polikultur. Pola tanaman dalam polikultur dapat bercampur baur tidak teratur, dapat juga terdiri atas larikan berbagai jenis tanaman, atau berpetak dengan jenis tanaman yang berbeda dalam masing-masing petak. Tegalan terdapat di daerah atau waktu kurang air untuk pengairan, yaitu di tempat yang curah hujannya rendah, dan di musim kemarau. Dalam hal yang akhir tegalan bergilir dengan sawah. Daerah yang tidak dapat mendapat pengairan di daerah pesawahan, misalnya karena letaknya yang tinggi, juga dijadikan tegalan. Tegalan juga terdapat banyak di daerah pegunungan yang terlalu tinggi untuk ditanami padi. Tegalan umumnya jatuh pada pilihan kedua. Apabila suatu tempat tidak dapat untuk dijadikan sawah, barulah digunakan sebagai tegalan.

Banyak orang hanya menganggap sawah dan tegalan sebagai sumber pangan. Tetapi pekarangan merupakan juga sumber pangan yang penting, baik berupa tanaman maupun

hewan. Hasil karbohidrat, protein, mineral dan vitamin dari pekarangan dapat sangat berarti. Antara pekarangan dan sawah terdapat hubungan yang dinamis. Pada waktu musim panen padi, pemungutan hasil dari pekarangan menurun. Hasil pekarangan sebagian besar dikonsumsi sendiri dan sedikit yang dijual. Makin jauh jarak waktu dari masa panen padi, makin meningkat pemungutan hasil dari pekarangan. Proporsi hasil pekarangan yang dikonsumsi menurun dan yang dijual bertambah. Banyak penelitian memang menunjukkan, pekarangan mempunyai peranan yang penting bagi orang desa dalam masa paceklik.

Tanaman pangan yang terdapat di dalam pekarangan berupa ubi-ubian, buah dan sayur-mayur. Beberapa jenis ubi yang terdapat di pekarangan ialah singkong, ubi jalar, ubi manis *(Dioscorea alata)* dan ganyong *(Canna edulis)*. Ubi-ubian terutama berfungsi sebagai sumber energi, karena kandungan karbohidratnya yang tinggi. Ubi itu dimakan sebagai makanan pokok atau sebagai makanan kecil pengiring minum teh dan kopi. Sebagai makanan pokok ubi dapat menggantikan beras atau sebagai makanan selingan, misalnya pagi hari ubi dan siang hari nasi. Di banyak tempat orang desa makan nasi dua kali, yaitu pagi hari kira-kira pukul 10 dan sore hari kira-kira pukul 4. Pagi hari sebelum makan pagi dan tengah hari, mereka minum teh atau kopi dengan makanan kecil. Makanan kecil ini sering terdiri atas makanan karbohidrat, seperti ubi. Makanan karbohidrat lainnya yang berasal dari pekarangan ialah jagung dan pisang rebus.

Bermacam buah terdapat dalam pekarangan. Fungsi buah juga bermacam. Kelapa berfungsi sebagai sumber minyak dan lemak. Buah tanaman kacang-kacangan mengandung banyak protein, misalnya bermacam kara *(Phaseolus lunatus, Dolichos lablab)*, petai, petai cina (lamtoro) dan kecipir *(Psophocarpus tetragonolobus)*. Buah juga mengandung banyak mineral dan vitamin, misalnya jeruk, mangga dan pepaya. Selain itu banyak buah digunakan sebagai sayur, antara lain pepaya dan nangka muda, labu siem *(Sechium edule)*, terong, tomat, dan leunca *(Solanum*

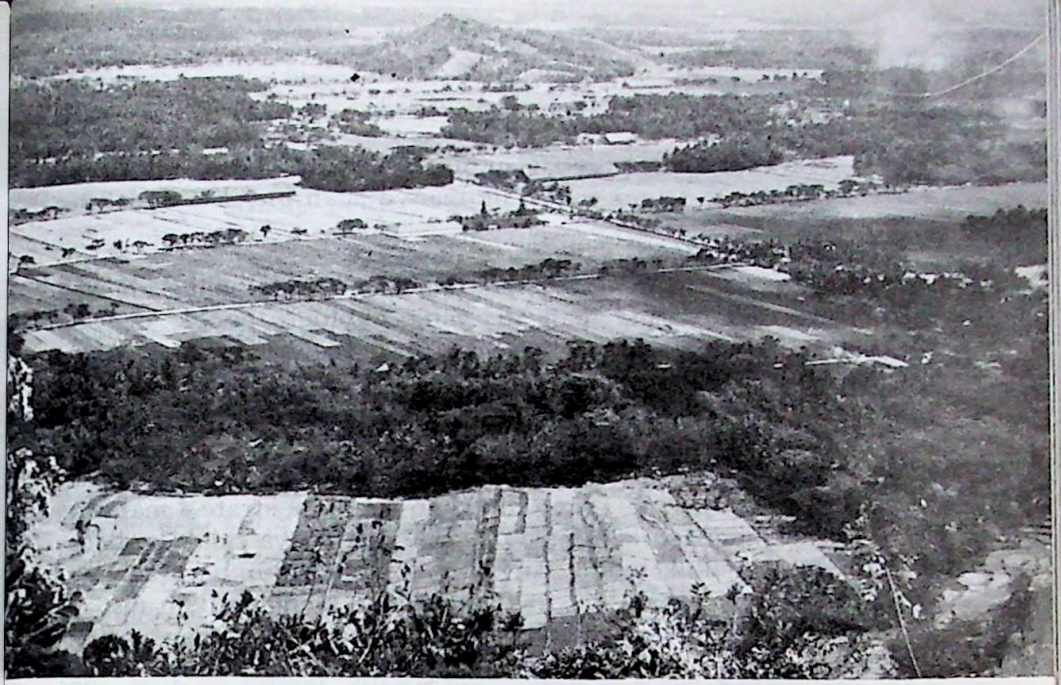
nigrum). Berjenis daun dan bunga juga berfungsi sebagai sayur, baik dimakan mentah sebagai lalab maupun dimasak. Sayuran merupakan sumber mineral dan vitamin yang penting. Misalnya, kemangi *(Ocimum basilicum),* daun leunca, beluntas *(Pluchea indica),* daun singkong, daun ubi jalar, bunga pisang, bunga papaya, dan bunga turi *(Sesbania grandiflora).*

Tanaman bumbu masak mempunyai pula peranan penting dalam kaitannya dengan pangan. Beberapa di antaranya ialah jahe, kencur, kunyit dan lombok.

Hewan yang dipelihara di pekarangan merupakan sumber protein yang penting. Yang sangat umum dipelihara di pekarangan ialah ayam. Di daerah yang penduduknya tidak beragama Islam, banyak dipelihara babi. Di beberapa daerah kolam ikan sangat umum terdapat di pekarangan, misalnya di Jawa Barat. Kambing dan domba juga banyak dipelihara di pekarangan. Hewan itu mendapatkan makanannya dari daun-daun dan rumput dari pekarangan dan luar pekarangan. Tetapi umumnya di desa konsumsi protein hewani rendah. Sebagian besar protein hewani dijual dalam bentuk daging, telur dan hewan hidup. Karena itu fungsi hewan pekarangan sebagai sumber pangan ialah tidak langsung. Pangan itu didapatkan dari uang hasil penjualan hewan. Banyak jenis buah mempunyai fungsi serupa.

Berbeda dengan sawah dan tegalan, pemungutan hasil di pekarangan terjadi tidak sekaligus. Pemungutan dilakukan sedikit demi sedikit menurut keperluan. Buah banyak juga yang mempunyai musim. Karena di pekarangan terdapat banyak jenis buah, musim buah bergantian. Dengan demikian sepanjang tahun dari hari ke hari ada saja yang dapat dipungut. Ini merupakan sifat pekarangan yang penting, terutama bagi orang yang miskin yang tidak mempunyai pekerjaan yang tetap.

Kebun yang terdapat di luar desa memberikan pula sumbangan pangan. Tetapi umumnya sumbangan itu kecil. Kebun lebih berfungsi sebagai sumber pendapatan, karena banyak ditanam tanaman komersial. Misalnya, bambu dan berjenis kayu.



Gambar 8.2. Bentang alam pedesaan. Sawah, tegalan dan pekarangan berselang-seling membentuk pola mosaik. *Foto: Otto Soemarwoto*

Adanya berjenis tataguna lahan membuat bentang alam tidak homogen, melainkan mempunyai pola mosaik dan bercak yang secara dinamis berubah-ubah (Gambar 8.2.). Suatu ketika ada petak yang ditanami dengan padi dan disusul dengan penanaman palawija. Ada bercak yang luas, ada pula yang kecil. Dalam pekarangan dan kebun terjadi pula bercak, karena ada pohon yang tumbang atau ditebang. Demikian pula di tegalan yang ditanami secara bercampur, terjadi bercak karena waktu penanaman dan pemungutan yang tidak bersamaan. Pola mosaik dan bercak menciptakan mikrohabitat yang beraneka. Keanekaan ini memberi kesempatan hidup pada banyak jenis mahluk. Karena itu dapat diperkirakan tingkat keanekaan jenis tinggi. Dinamika populasi jenis dalam bentang alam yang berpola mosaik dan bercak belum banyak diketahui. Pengetahuan itu akan sangat berguna dalam usaha untuk mengendalikan hama dan penyakit, serta juga untuk pencagaran keanekaan genetis.

Di kota, pangan sebagian besar dibeli. Ada juga pekarangan di kota, tetapi fungsi utamanya ialah untuk keindahan.

6. POLA PANGAN

Seperti halnya dengan semua mahluk hidup, manusia mengadaptasikan pada pangan yang ekologis cocok dengan daerah tempat hidupnya, baik dari segi biofisik, maupun dari segi sosial budaya. Adaptasi itu terjadi dengan terus-menerus, sehingga selalu terjadi pergeseran dalam pola makanan orang.

Walaupun faktor sosial budaya dan ekonomi mempengaruhi jenis makanan yang dimakan manusia, strategi manusia untuk mendapatkan makanan pada dasarnya tidak berbeda dengan mahluk hidup yang lain. Mahluk hidup berusaha untuk mendapatkan jenis makanan yang menghasilkan nisbah sebesar-besarnya tambahan berat badan terhadap energi yang diperlukan untuk mendapatkan makanan itu. Pada manusia berat badan harus diartikan lebih luas, yaitu meliputi juga kepuasan sosial budaya. Faktor ekonomi menyebabkan pada manusia energi yang dikeluarkan untuk mendapatkan makanan ditentukan oleh harga makanan. Misalnya, telur mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi daripada beras. Karena itu seorang yang miskin akan menjual telur yang dipunyai dan dari hasil penjualan itu dibelinya beras. Dari sekilo beras kebutuhan pangan, dalam arti rasa kenyang, lebih baik terpenuhi daripada tiga butir telur. Para pegawai yang hidup dari gaji, uang akan dibelanjakan untuk makanan yang termurah yang dapat memenuhi kebutuhan badaniah dan psikologis dengan sebaik-baiknya. Dengan harga yang termurah itu energi yang dikeluarkan untuk mendapatkan makanan menjadi minimal. Dengan demikian pada manusia, energi untuk mendapatkan makanan secara umum dapat disebut biaya. Biaya itu meliputi juga energi yang diperlukan untuk menyimpan dan memproses bahan makanan menjadi makanan yang siap untuk dimakan.

Kebutuhan badaniah sifatnya obyektif. Dapat dihitung secara kuantitatif keperluan kalori, protein, mineral dan vitamin menurut jenis kelamin, umur dan jenis pekerjaan.

Misalnya, seorang yang mempunyai pekerjaan fisik yang berat membutuhkan banyak kalori dalam makannya dan balita memerlukan protein yang cukup. Manusia dapat juga melakukan adaptasi terhadap kekurangan pangan sampai batas tertentu. Orang yang secara kronis kekurangan pangan dalam batas kisaran yang masih dapat diterima oleh tubuh, hidupnya tetap sehat dan produktif. Adaptasi terjadi antara lain, dalam bentuk tubuh yang kecil, metabolisme dasar yang rendah dan gerak tubuh yang efisien. Tubuh yang kecil memerlukan energi yang rendah untuk menyangganya, misalnya untuk berdiri. Energi yang diperlukan untuk kerja juga rendah, misalnya untuk berjalan. Demikian pula energi yang diperlukan untuk memelihara tubuh. Dengan kebutuhan energi yang rendah ini, metabolisme dasar menurun. Metabolisme dasar ialah metabolisme yang terjadi waktu orang istirahat tiduran. Gerak tubuh yang eifisen terlihat antara lain pada cara orang berjalan. Orang jalannya santai dengan gerak tubuh dan tangan yang tidak tersentak-sentak, sehingga tidak banyak energi yang terbuang sia-sia. Orang bilang jalannya seperti Arjuna. Dengan adaptasi itu efisiensi kerja orang yang kekurangan pangan kronis lebih tinggi daripada orang yang makannya cukup. Artinya, ia dapat melakukan kerja lebih banyak per kalori makanan yang ia makan.

Adaptasi lain ialah dalam memilih jenis makanan. Untuk memelihara tubuh dan bekerja, pertama-tama diperlukan energi. Energi itu banyak terdapat dalam makanan karbohidrat. Dalam keadaan kekurangan kalori, makanan protein juga akan dibakar dalam metabolisme sebagai sumber energi. Karena itu dalam keadaan kekurangan makan, secara naluri orang lebih mementingkan untuk makan karbohidrat, misalnya singkong. Makanan karbohidrat itu murah. Makanan protein yang mahal, misalnya telur, ditukarnya dengan makanan karbohidrat.

Adaptasi terhadap makanan itu mempunyai nilai memperbesar kementakan untuk kelangsungan hidup orang di bawah kondisi kemiskinan. Apabila terjadi perbaikan kondisi sosial ekonomi, jumlah makanan yang dimakan akan

bertambah. Mula-mula makanan karbohidrat yang meningkat, kemudian disusul dengan peningkatan makanan protein. Perubahan ini tidak saja terlihat pada orang per orang, melainkan juga secara nasional. Misalnya, konsumsi beras kita, yang sebagian besar terdiri atas karbohidrat, telah meningkat dengan pesat, tetapi konsumsi protein masih belum banyak bertambah. Dilema yang kita hadapi ialah efisiensi kerja, yaitu jumlah kerja per satuan makanan yang dimakan akan menurun dengan kenaikan jumlah makanan. Sementara itu jumlah kerja total tidak naik dengan segera, karena adaptasi dari cara hidup santai di bawah kondisi kekurangan pangan ke cara hidup yang lebih energik di bawah kecukupan pangan tidak segera terjadi. Jadi dengan perbaikan makanan, kita tidak dapat mengharapkan kenaikan produktivitas kerja dengan segera.

Pemenuhan kebutuhan psikologis dari makan, sifatnya subyektif. Latar belakang sosial budaya sangat mempengaruhi. Hal ini terlihat pada jenis makanan yang khas di beberapa daerah. Orang Padang senang makanan pedas dan orang Yogya senang makanan manis. Nilai sosial makanan juga sangat penting. Orang terdorong untuk makan makanan yang mempunyai nilai sosial yang tinggi. Misalnya, karena beras dianggap mempunyai simbol status tinggi, di banyak tempat orang mengadaptasikan makanan pokoknya pada faktor ini. Makanan pokok yang lama terdesak oleh beras, antara lain, jagung di Madura, sagu di Maluku dan ubi-ubian di Irian Jaya. Sebaliknya di banyak kalangan atas beras terdesak oleh roti untuk makan pagi, karena roti memberikan citra modern, di sampingnya pertimbangan praktis.

Antara nilai sosial dan nilai hayati makanan dapat terdapat hubungan yang positif. Tetapi tidak selalu demikian. Misalnya, protein hewani mempunyai nilai hayati, yaitu nilai gizi, yang tinggi. Nilai sosialnya juga tinggi. Makin tinggi tingkat sosial seseorang, umumnya makin tinggi pula tingkat konsumsi protein hewaninya. Tetapi banyak bahan makanan hewani yang menyebabkan kenaikan kadar kolesterol dalam darah. Kenaikan kandungan kolesterol mempertinggi risiko penyakit jantung. Jadi, adaptasi terhadap

status sosial yang tinggi dengan menaikkan konsumsi bahan makanan hewani membawa risiko. Minuman coca-cola ialah contoh lain yang mempunyai nilai sosial tinggi, tetapi nilai gizi yang rendah.

Secara alamiah orang mengadaptasikan pada jenis makanan yang sesuai dengan kondisi ekologi tempat hidupnya. Bahwa orang di Jawa makanan pokoknya beras, orang Madura dan Nusa Tenggara jagung, dan orang Maluku sagu, tidaklah mengherankan. Jawa mempunyai kondisi ekologi biofisik yang sesuai untuk padi, dan Madura dan Nusa Tenggara sesuai untuk jagung. Di Maluku banyak terdapat tumbuhan sagu yang menunjukkan daerah itu mempunyai kondisi ekologi yang cocok untuk pertumbuhan sagu. Makanan pokok itu tidak selalu merupakan tanaman asli. Misalnya, jagung asalnya dari Amerika Latin. Setelah dimasukkan ke Indonesia ternyata jagung dapat tumbuh baik, antara lain di Madura dan Nusa Tenggara, dan menjadi makanan pokok. Dengan adaptasi itu orang dapat memperkecil biaya untuk mendapatkan makanannya. Karena luasnya wilayah Indonesia dan meliputi daerah dengan kondisi ekologi yang berbeda-beda, makanan pokok dan makanan tambahan di Indonesia secara alamiah juga berbeda-beda. Jadi, ada keanekaan pola makanan. Namun nampak ada kecenderungan berkurangnya tingkat keanekaan makanan dengan makin dominannya beras. Kecenderungan ini disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu meluasnya nilai sosial beras yang tinggi dan kemajuan teknologi.

Nilai sosial beras yang tinggi telah mempunyai sejarah yang panjang. Di candi Borobudur telah terdapat lukisan tanaman padi. Ini merupakan petunjuk, kira-kira 12 abad yang lalu padi telah menempati kedudukan yang tinggi. Nilai sosial yang tinggi berkaitan juga dengan nilai gizi yang baik, yaitu beras mengandung juga protein. Ditambah dengan kondisi ekologi di Jawa yang sesuai, menyebabkan padi meminta biaya yang kecil untuk dapat memenuhi kebutuhan makanan manusia. Karena nilai yang tinggi itu dan sesuai dengan agama pada waktu itu, kepada padi diberikan arti yang mitis, yaitu berasal dari Dewi Sri, isteri Batara

Wisnu. Dalam zaman kemerdekaan, nilai sosial yang tinggi menyebar ke luar daerah, antara lain juga dengan pembagian beras kepada pegawai negeri. Karena pegawai negeri dianggap mempunyai status sosial yang lebih tinggi daripada orang bukan pegawai negeri, pembagian beras meningkatkan nilai sosial beras. Nilai sosial yang tinggi dan kemudahan untuk mendapatkan beras, menyebabkan beras mendesak makanan pokok asli daerah yang bersangkutan. Hampir di semua tempat orang malu untuk menyajikan makan bukan beras kepada tamu.

Kemajuan teknologi telah memungkinkan untuk memperluas daerah produksi beras. Varietas unggul yang dapat berproduksi tinggi di bawah kondisi ekologi yang luas telah dikembangkan. Teknologi pemuliaan tanaman ini didukung oleh perluasan pengairan dan tersedianya dengan mudah bibit unggul dan sarana kredit, pupuk dan pestisida. Akibatnya, sawah meluas ke daerah yang semula tidak atau kurang sesuai untuk padi. Misalnya, dengan membangun bendungan dan saluran pengairan daerah dengan musim hujan yang pendek dan curah hujan yang rendah dapat ditanami padi sepanjang tahun. Tersedianya pengairan, bibit unggul, kredit, pupuk dan pestisida, merupakan subsidi pemerintah untuk produksi padi. Dengan adanya subsidi ini dan produksi bibit unggul yang tinggi, biaya produksi petani dapat diturunkan. Maka menanam padi menjadi lebih menarik daripada menenam palawija. Dengan itu laju kenaikan produksi beras di Indonesia tinggi, sehingga dalam dasawarsa 1980-an ini kita dapat swasembada beras. Patutlah kita bangga atas keberhasilan mencapai laju kenaikan produksi beras yang tinggi.

Walaupun demikian, apabila dihitung semua biaya, termasuk biaya subsidi Pemerintah, biaya produksi beras di luar daerah yang secara alamiah tidak cocok kondisi ekologinya untuk padi, sebenarnya tinggi. Apabila dihitung energi saja, kebutuhan energi per satuan produksi meningkat. Pada waktu energi, terutama BBM, berlimpah dan murah, masalah kenaikan biaya energi tidak merisaukan.

Tetapi dengan makin langkanya energi, masalah ini harus kita perhatikan.

7. KERENTANAN PANGAN

Kerentanan pangan merupakan faktor yang penting dalam kelangsungan hidup mahluk hidup pada umumnya, dan bangsa pada khususnya. Kerentanan pangan yang tinggi merupakan risiko yang besar terhadap kelangsungan hidup jenis. Kerentanan itu tidak saja ditentukan oleh besarnya persediaan pangan, melainkan juga oleh tingkat keanekaan makanan jenis mahluk itu. Jenis mahluk hidup yang makin spesialistis dalam makanannya, makin tinggi pula kerentanannya. Misalnya, ada jenis hewan yang memakan satu jenis tumbuhan saja. Bahkan binatang koala hanya makan pucuk tumbuhan *Eucalyptus* saja. Populasi jenis itu akan berfluktuasi mengikuti fluktuasi persediaan makanannya. Apabila karena sesuatu hal persediaan makanan itu habis, akan punahlah jenis itu dari tempat tersebut. Sebab, jenis makanan lain tidak mau ia memakannya. Karena itu dengan pergeseran pola makanan ke arah makin dominannya beras dan makin berkurangnya jenis makanan lain, kerentanan kita sebagai bangsa juga meningkat. Tingkat kerentanan dipertinggi lagi dengan berkurangnya keanekaan genetis tanaman padi. Hal ini disebabkan karena varietas lokal terdesak oleh satu atau dua varietas unggul saja. Apabila produksi padi terganggu pada tingkat tinggi di daerah yang luas akan terjadilah kegoncangan. Gangguan terhadap produksi padi itu bermacam-macam. Jenis gangguan itu dan waktu akan terjadinya gangguan tidak dapat kita ramalkan. Misalnya, tahun 1982 telah terjadi musim kemarau yang luar biasa yang sebelumnya tidak kita ketahui bakal terjadi. Iklim yang luar biasa dapat meliputi daerah produksi padi yang luas di dalam dan di luar negeri. Gangguan demikian akan memerosotkan produksi di daerah produksi itu. Efeknya terhadap persediaan beras di dalam negeri dan di pasaran internasional akan dapat besar.

Contoh lain ialah serangan hama dan penyakit. Dalam akhir dasawarsa 1960-an sampai pada kira-kira pertengahan

dasawarsa 1970-an terjadi serangan wereng yang hebat dan meliputi daerah yang luas di dalam dan di luar negeri. Serangan wereng itu hampir saja memusnahkan tanaman padi kita. Wereng sebenarnya bukanlah hama yang baru. Wereng telah dikenal sejak lama, tetapi merupakan hama yang tidak penting. Meledaknya hama itu dengan hebat disebabkan oleh kombinasi beberapa faktor. Yang penting ialah ditanamnya varietas unggul padi IR (atau PB) yang tidak tahan terhadap wereng di daerah yang amat luas, pertanaman padi yang tidak serentak dan digunakan pestisida secara tidak bijaksana. Dalam dasawarsa 1960-an mulailah disebarkan padi unggul IR yang dimulai dengan IR-5 dan IR-8, disusul oleh varietas IR yang lain. Varietas unggul itu mempunyai potensi produksi yang tinggi, sedangkan umurnya pendek. Melalui Bimas dan Inmas varietas itu dengan cepat disebarluaskan di daerah yang amat luas (Gambar 8.3). Varietas lokal terdesak dan dengan cepat suatu daerah yang luas hanya ditanami oleh satu varietas saja. Keanekaan genetis dengan cepat menurun. Bimas dan Inmas juga memberi kemudahan dalam penggunaan pupuk dan pestisida. Pada waktu itu pestisida digunakan bukan untuk memberantas hama yang ada, melainkan digunakan secara preventif. Walaupun tidak ada hama, tanaman padi disemprot juga dengan pestisida pada waktu-waktu tertentu. Penyemprotan itu menyebabkan kematian banyak jenis mahluk, termasuk jenis yang memakan hama. Pemakan hama ini merupakan musuh alami hama.

Dengan penyemprotan preventif itu diharapkan hama tidak dapat berkembang. Tetapi dengan penyemprotan itu terjadi tekanan seleksi yang berat terhadap hama. Hama yang peka terhadap pestisida mati. Tetapi ada individu hama yang kebal terhadap pestisida. Individu itu, yang jumlahnya tidak banyak, selamat dan berkembang biak. Individu yang kebal, antara lain, terdapat dalam hama wereng yang pada waktu itu belum besar populasinya. Karena pada waktu itu wereng belum merupakan hama yang penting, varietas unggul yang dikembangkan tidak mengandung sifat ketahanan terhadap wereng.



Gambar 8.3. Sawah luas yang ditanami dengan satu varietas padi amat rentan terhadap serangan hama dan penyakit.

Foto: Otto Soemarwoto

Umur padi yang pendek dan tersedianya pengairan yang makin baik, mendorong orang untuk menanam padi dengan terus-menerus, tanpa adanya pergiliran tanaman atau meng-istirahatkan lahan (bero). Lagi pula dengan tersedianya pengairan sepanjang tahun, orang setiap waktu dapat menanam padi. Dengan demikian sepanjang tahun selalu ada tanaman padi pada umur yang berbeda-beda. Masaklah kondisi untuk meledaknya hama wereng: pertanaman padi unggul satu jenis yang tidak tahan wereng di daerah yang luas, pertanaman padi yang terus-menerus sepanjang tahun, hama wereng yang kebal pestisida, matinya musuh alami hama wereng dan mahluk lainnya yang bersaing dengan hama wereng.

Meledaknya hama atau penyakit selalu dapat terjadi. Wereng biotipe baru dengan terus-menerus dapat terjadi. Wereng biotipe 1 disusul oleh biotipe 2 dan kemudian biotipe

baru di Sumatra Utara. Dapat juga timbul hama atau penyakit baru, seperti halnya wereng merupakan hama baru dalam dasawarsa 1960-an.

Pengembangan pengairan untuk mendukung padi sawah adalah mahal. Sumberdaya air kita terbatas. Demikian pula sumberdaya energi untuk pupuk dan pestisida terbatas. Ketegangan politik, apalagi peperangan, dapat menghentikan arus energi ke negara kita. Produksi pestisida seluruhnya dikuasai oleh negara yang telah maju. Lagi pula pengembangan pengairan secara besar-besaran dan penggunaan subsidi energi yang makin meningkat, mempunyai dampak terhadap lingkungan yang besar pula. Jelaslah, menggantungkan diri pada satu jenis bahan makanan pokok, dalam hal ini beras, membawa risiko kerentanan yang besar.

Contoh yang sangat dramatis tentang kerentanan pangan ialah di Irlandia dalam abad ke-19. Makanan pokok orang Irlandia pada waktu ialah kentang. Tanaman kentang dibawa oleh orang Inggris dari pantai Karibia di Amerika Latin dalam abad ke-16. Mereka hanya membawa satu varietas saja. Varietas ini ditanam di mana-mana di Eropa Utara. Pada akhir tahun 1840-an terjadilah ledakan penyakit kentang yang amat dahsyat. Orang Irlandia sangat menderita karena ketergantungannya pada satu makanan pokok. Kelaparan melanda. Paling sedikit 2 juta orang meninggal dan 2 juta lainnya meninggalkan negerinya untuk mencari kehidupan di lain negara.

Dari contoh hama wereng pada padi dan contoh kentang di Irlandia tak dapat disangkal lagi, dayadukung yang berkelanjutan menghadapai bahaya, apabila kita menggantungkan diri pada satu jenis makanan pokok. Pepatah dalam bahasa Inggris mengatakan, berbahayalah untuk menaruh semua telur dalam satu karung. Bila terjadi barang sesuatu dengan karung itu, habislah telur kita.

8. PENGANEKAAN PANGAN

Menambah keanekaan pangan kita, akan mengurangi kerentanan. Dengan menambah keanekaan pangan kita, risiko dikurangi bahwa suatu gangguan akan merusak persediaan



Gambar 8.4. Sistem *surjan* di Yogyakarta Barat. Contoh pengelolaan risiko lingkungan secara tradisional. *Foto: Otto Soemarwoto*

semua jenis pangan. Yang rusak mungkin satu atau dua jenis saja. Yang lain akan selamat. Suatu contoh ialah pengelolaan manfaat dan risiko pada sistem *surjan* di Kulon Progo di Yogyakarta bagian barat (Gambar 8.4.). Di tengah petak sawah terdapat petak yang lebih tinggi yang ditanami dengan campuran palawija. Jika curah hujan cukup baik, panen padi dan palawija akan baik. Jika curah hujan tidak cukup, panen padi akan buruk atau gagal sama sekali. Tetapi panen palawija masih lumayan. Pengelolaan manfaat dan risiko yang demikian perlu kita pelajari dan kembangkan untuk daerah yang luas.

Menambah keanekaan pangan pokok kita, akan berarti mengurangi areal padi. Dengan ini kebutuhan air pengairan akan dikurangi pula. Seandainya di seluruh Jawa Barat dilakukan pola penanaman padi – padi – padi, tidak akan cukup persediaan air pengairan. Padahal di Jawa Barat musim hujan panjang dan curah hujan tinggi. Untuk Jawa

Tengah kekurangan pengairan akan lebih parah dan di Jawa Timur akan sangat parah. Untuk mengatasi kekurangan itu akan diperlukan modal yang besar untuk membangun waduk untuk pengembangan pengairan. Tetapi bila dikembangkan pola padi – padi – palawija air pengairan di Jawa Barat akan cukup, di Jawa Tengah agak kurang dan di Jawa Timur kekurangan masih cukup besar. Dengan pola padi – palawija – palawija keadaannya akan lebih baik lagi.

Dari segi hama dan penyakit, pergiliran tanaman akan sangat menguntungkan. Sebab daur hama dan penyakit akan terputus secara periodis. Apalagi jika disertai sanitasi yang baik. Misalnya, hama wereng tidak dapat berkembang tanpa padi. Jika pada waktu giliran penanaman palawija, sisa-sisa padi dibersihkan dengan baik, daur hama wereng terputus. Akumulasi hama tidak akan terjadi, sehingga kementakan terjadinya ledakan hama yang besar akan dikurangi.

Pergiliran tanaman dapat pula diatur menurut pola mosaik. Ada petak yang ditanami padi dan ada pula petak yang ditanami palawija. Pola mosaik perlu dirancang agar tidak mengurangi efisiensi penggunaan air pengairan dan lain sarana produksi. Dengan adanya pola mosaik itu risiko kerusakan oleh hama atau penyakit dapat dikurangi. Kementakannya kecil, tanaman yang beraneka itu semuanya akan rusak oleh hama atau penyakit. Pola mosaik juga merupakan penghalang bagi penyebaran hama dan penyakit.

Berkurangnya risiko kerusakan oleh hama dan penyakit akan mengurangi kebutuhan akan pestisida. Berarti energi dapat dikurangi. Pengurangan penggunaan pestisida, juga akan mengurangi kematian musuh alami hama dan penyakit. Dengan ini makin besar hama dan penyakit yang terkendalikan secara alamiah tanpa kita harus mengeluarkan biaya dan tenaga yang banyak. Pencemaran oleh pestisida pun akan berkurang.

Apabila pergiliran tanaman itu mencakup juga kacang-kacangan, kebutuhan pupuk nitrogen dapat dikurangi, walaupun pupuk fosfat mungkin harus ditambah. Efek pemupukan lebih besar lagi, apabila ada pula kacang-kacangan yang berfungsi sebagai pupuk hijau. Hal ini

berarti pupuk akan dapat dihemat. Demikian pula energi, sebab untuk produksi pupuk banyak diperlukan energi.

Penghematan pengairan, pestisida dan pupuk akan mempertinggi nisbah energi keluaran terhadap energi masukan. Artinya, per satuan energi yang kita panen, yaitu dalam bentuk makanan, diperlukan lebih sedikit energi masukan.

Dapatkah penganekaan pangan itu dilaksanakan? Jawabannya, haruslah dapat. Sebab alternatifnya ialah kerentanan. Untuk dapat melaksanakan penganekaan pangan, perlulah ditinjau lagi strategi umum manusia untuk mendapatkan makanannya. Strategi itu ialah nisbah biaya terhadap pemenuhan kebutuhan badaniah dan psikologis yang sekecil-kecilnya yang dapat bersaing dengan nisbah yang sama untuk beras. Biaya itu meliputi biaya untuk mendapatkan bahan makanan dan pengolahannya. Untuk dapat mendapatkan nisbah yang sekecil-kecilnya, biaya harus dibuat minimum dan pemenuhan kebutuhan dibuat maksimum.

Dibandingkan dengan harga kalori beras, kalori jagung, ubi kayu dan ubi jalar semuanya lebih murah. Kalori beras kira-kira 1½—2 kali lebih mahal daripada kalori ketiga bahan makanan itu. Tetapi banyak orang mengeluh, jagung lebih sulit dimasak daripada beras, yaitu lebih lama dan memerlukan bahan bakar yang lebih banyak. Ubi jalar dan ubi kayu mudah dimasak, tetapi sukar untuk disimpan. Karena itu untuk menurunkan biaya perlu dikembangkan teknologi pasca panen bahan makanan bukan beras.

Agar supaya bahan makanan bukan beras dapat bersaing dengan beras, produksinya harus cukup tinggi, baik produksi total maupun produksi per hektar. Walaupun sudah ada Bimas palawija, tetapi dibandingkan dengan padi produksi palawija tidak banyak naik. Untuk dapat mencapai kenaikan yang berarti kiranya usaha Bimas palawija perlu ditingkatkan, baik dalam pembinaan produksi per hektar, maupun dalam areal. Sebenarnya potensi untuk menaikkan produksi masih tinggi. Misalnya, bibit unggul jagung dapat menaikkan produksi jagung sampai kira-kira 3 kali. Produksi ubi kayu rata-rata juga masih rendah, jika dibandingkan dengan yang dapat dicapai diperkebunan atau di luar negeri. Karena pala-

wija pada umumnya belum mengalami banyak intensifikasi, potensi untuk menaikkan produksi per satuan masukan lebih besar daripada padi yang telah mengalami intensifikasi yang berat. Pembinaan areal akan sulit, selama padi tetap menempati pilihan pertama dalam penanaman.

Tentang pemenuhan kebutuhan hayati, beberapa jenis palawija mempunyai kandungan protein yang lebih tinggi daripada beras, antara lain jagung dan kedele. Yang lain, misalnya singkong, kandungan proteinnya sangat rendah. Karena itu pada umumnya makanan bukan beras harus disertai dengan bahan makanan lain yang mengandung protein, seperti kacang-kacangan, sayuran dan protein hewani. Demikian pula mineral dan vitamin perlu diperhatikan, yang banyak terkandung di dalam sayuran dan buah. Karena sayuran, buah dan protein hewani banyak diproduksi di pekarangan, pengembangan pangan seyogyanya meliputi usaha intensifikasi pekarangan.

Masalah yang terberat pada palawija sebagai makanan pokok bukan beras ialah untuk menaikkan nilai tingkat pemenuhan kebutuhan psikologi yang berkaitan erat dengan nilai sosial budaya. Masalah ini hanya dapat diatasi, apabila kebijaksanaan pemerintah untuk penganekaan pangan disertai dengan usaha operasional yang intensif. Di sini pun teknologi pasca panen memegang peranan yang penting. Misalnya, maizena yang dibuat dari jagung tidak dianggap mempunyai nilai sosial yang rendah. Nama dan kemasan yang menarik dapat menghilangkan citra inferior. Dalam masyarakat yang mempunyai orientasi vertikal yang sangat kuat, contoh oleh para pembesar akan mempunyai arti yang sangat besar. Namun harus diakui mengubah pola makanan tidaklah mudah. Karena itu pendekatannya bukanlah untuk mengubah pola makanan orang per orang, melainkan mendorong agar orang menghargai pola makanan tradisonal yang telah ada di daerahnya masing-masing. Dorongan itu disertai dengan usaha menaikkan nilai gizi pola makanan tradisional itu. Misalnya, makanan pokok jagung di Madura, sagu di Maluku dan ubi-ubian di Irian Jaya. Sebenarnya pola makanan pokok di Maluku misalnya, sudahlah sehat. Sebab

orang Maluku makan banyak ikan. Seandainya makanan itu tidak sehat, tidak mungkinlah Ellyas Pical menjadi juara dunia tinju. Bimas dikaitkan dengan pola makanan itu dan kesesuaian kondisi ekologi, sehingga tidak selalu harus padi. Misalnya, di pusat produksi jagung, antara lain di Jawa Timur, Jawa Tengah dan Yogyakarta, Bimas lebih dititikberatkan pada jagung, di Irian Jaya ubi-ubian, dan seterusnya. Bimas seyogyanya mencakup pengembangan teknologi pasca panen dan pemasaran. Pejabat pemerintah, ABRI, dan pendatang lain di suatu daerah dihimbau untuk menghargai pola makanan daerah itu. Demikian pula para transmigran dibina untuk memperoduksi sesuai dengan kondisi ekologi setempat.

Penganekaan pangan yang sesuai dengan tradisi yang ada dan kondisi ekologi setempat mempunyai kementakan yang tinggi untuk dapat berhasil. Pada tahap pertama usaha barulah berupa mempertahankan yang ada. Pada tahap berikutnya usaha diperluas dan diintensifkan secara bertahap. Hotel dan restoran yang besar dan mewakili, diminta untuk ikut berperanserta. Apabila di hotel dan restoran itu secara berkala ada Hari Irian, Hari Maluku, dan Hari Madura, misalnya, dengan menyajikan makanan khas daerah itu, niscayalah citra ubi jalar, sagu dan jagung sebagai makanan yang berstatus sosial yang rendah akan hilang. Suku bangsa yang satu akan mengenal dan menghargai makanan khas suku bangsa yang lain dan dapat didorong untuk secara berkala menyajikan makanan khas itu di rumah. Misalnya keluarga Jawa, enam hari dalam seminggu akan makan makanan Jawa dengan beras sebagai makanan pokok, dan sehari dalam seminggu menyajikan makanan daerah lain yang tidak selalu menggunakan beras sebagai makanan pokok. Sebaliknya keluarga Irian, enam hari seminggu akan makan ubi sebagai makanan pokok dan sehari seminggu makanan lain. Selingan demikian mengandung nilai edukatif yang menyenangkan. Bila 5 juta keluarga Indonesia saja melakukan hal ini, suatu hal yang mungkin karena tidak mahal, penganekaan pangan akan mencapai kemajuan. Idealistis? Ya, sebab

tanpa idealisme dan kemauan, penganekaan pangan tidak akan dapat tercapai.

9. POLA PANGAN DAN DAYADUKUNG LINGKUNGAN

Untuk dapat hidup dengan sehat orang harus cukup mendapatkan protein. Sasaran konsumsi protein kita ialah rata-rata 55 gram per orang per hari. Konsumsi protein kita masih jauh di bawah sasaran ini. Dari 55 gram itu sebaiknya 25% berasal dari protein hewani. Tetapi pada saat ini konsumsi protein kita kira-kira 90% berasal dari tumbuhan.

Protein merupakan makanan yang lebih mahal daripada makanan karbohidrat. Apalagi protein hewani. Karena itu selama rata-rata pendapatan rakyat masih rendah, konsumsi protein hewani juga akan rendah. Protein itu sebagian besar hanya dikonsumsi oleh rakyat yang berada saja. Dengan naiknya tingkat pendapatan rakyat, konsumsi protein hewani juga akan meningkat.

Protein hewani pada hakekatnya adalah transformasi biomas tumbuhan menjadi biomas hewan. Menurut Hukum Termodinamika II transformasi ini tidak dapat berjalan dengan efisiensi 100%. Karena itu dari sejumlah biomas tumbuhan, kita akan mendapatkan sejumlah biomas hewan yang lebih sedikit. Misalnya, untuk mendapatkan 1 kg daging ayam, kita perlukan 3 kg pakan ayam; untuk 1 kg daging sapi kita perlukan 10 kg pakan sapi. Angka itu hanyalah ancer-ancer saja dan berubah dipengaruhi oleh banyak faktor. Sistem pemeliharaan yang tidak efisien akan memerlukan lebih banyak makanan hewan per kilogram daging yang diproduksi.

Masih banyak sekali hewan yang kita pelihara harus mencari makanannya sendiri. Misalnya, ayam di pekarangan makan sisa dapur, tumbuhan dan serangga yang didapatnya di pekarangan. Kambing, domba, sapi dan kerbau makan pula seadanya, seperti sisa dapur, sampah pasar dan daun-daunan yang didapatkan dari pekarangan, pagar, pinggiran sungai dan pematang sawah. Di desa sering ada tempat penggembalaan, tetapi umumnya tidak terpelihara. Padang penggembalaan yang khusus dan dikelola dengan baik tidak

ada atau hanya sedikit saja. Apabila produksi ingin kita naikkan dan kita ingin pula produksi yang dapat diandalkan, haruslah makanan ternak, unggas dan ikan terjamin pula. Hal ini terlihat, antara lain, pada ayam petelur, ikan dan sapi perah yang dipelihara secara intensif. Untuk dapat menyediakan makanan dengan baik akan diperlukan lahan. Karena Hukum Termodinamika II, lahan yang diperlukan untuk satu kilo daging akan lebih luas daripada satu kilo makanan nabati. Hal ini berlaku juga untuk ternak, unggas dan ikan yang dipelihara secara intensif di tempat yang sempit. Misalnya, kandang ayam dan kolam air deras luasnya hanya beberapa meter persegi saja. Tetapi untuk menghasilkan makanannya, antara lain jagung dan kedele, diperlukan lahan yang luas. Demikian pula untuk kenaikan produksi ikan laut akan diperlukan ikan dari laut yang lebih luas. Perahu yang dimotoriser memerlukan lebih banyak energi daripada penangkapan dengan perahu layar.

Dengan berlakunya Hukum Termodinamika ini pergeseran pola makanan ke arah makin banyak konsumsi bahan makanan hewani, akan menurunkan dayadukung lingkungan kita. Pergeseran itu terjadi dengan naiknya tingkat pendapatan kita. Artinya, dengan kenaikan konsumsi protein hewani, kepadatan penduduk yang dapat didukung kehidupannya oleh lingkungan akan berkurang. Oleh karena itu usaha menaikkan konsumsi protein hewani haruslah dilakukan dengan hati-hati. Pertama, perlu dijaga agar orang tidak mengkonsumsi protein hewani secara berlebih. Ini terutama berlaku untuk lapisan masyarakat yang telah mampu. Untuk rata-rata seluruh rakyat Indonesia konsumsi yang memadai masih jauh. Jadi produksi masih perlu dinaikkan.

Kedua, sedapat-dapatnya produksi protein hewani dilakukan dengan sistem daurulang. Dalam sistem daurulang bahan sisa dalam suatu proses digunakan untuk proses lain. Jadi, bahan sisa itu tidak dianggap sebagai bahan buangan, melainkan sebagai sumberdaya. Penggunaan bahan sisa sebagai sumberdaya harus diusahakan secara higienis, agar tidak menimbulkan risiko timbulnya penyakit. Dengan sistem daurulang sumberdaya dapat digunakan secara lebih

efisien. Lahan yang diperlukan untuk produksi protein hewani dapat lebih hemat. Tetapi sistem ini tidaklah dapat meniadakan Hukum Termodinamika II.

Walaupun dari segi fisik dayadukung lingkungan akan menurun dengan naiknya konsumsi protein hewani, namun dari segi ekonomi ada juga keuntungannya. Transformasi biomas tumbuhan ke biomas hewan, memberikan nilai tambah. Proses itu juga dapat menciptakan lapangan pekerjaan baru. Nilai tambah dan lapangan pekerjaan baru dapat mengurangi tekanan penduduk terhadap lahan, yaitu kebutuhan orang akan lahan berkurang. Dengan berkurangnya tekanan penduduk terhadap lahan kementakan berhasilnya penanggulangan lahan kritis akan meningkat.

Kita lihat lagi adanya baik manfaat maupun risiko lingkungan. Pengelolaan lingkungan yang baik, diperlukan agar dapat dicapai nisbah manfaat terhadap risiko yang optimum.

BAB IX
EKOLOGI PARIWISATA

1. PENDAHULUAN

Pariwisata sedang dikembangkan dengan giat di Indonesia. Di banyak tempat ia menunjukkan peningkatan yang tajam, terutama pariwisata domestik. Pada hari Minggu dan hari libur lainnya banyak tempat pariwisata dibanjiri oleh wisatawan. Wisatawan luar negeri juga makin banyak.

Pariwisata adalah industri yang kelangsungan hidupnya sangat ditentukan oleh baik-buruknya lingkungan. Ia sangat peka terhadap kerusakan lingkungan, misalnya pencemaran oleh limbah domestik yang berbau dan nampak kotor, sampah yang bertumpuk, dan kerusakan pemandangan oleh penebangan hutan, gulma air di danau, gedung yang letak dan arsitekturnya tidak sesuai, serta sikap penduduk yang tidak ramah. Tanpa lingkungan yang baik tak mungkinlah pariwisata berkembang. Karena itu pengembangan pariwisata haruslah memperhatikan terjaganya mutu lingkungan, sebab dalam industri pariwisata lingkungan itulah yang sebenarnya dijual. Seperti halnya dalam industri lain dalam pariwisata pun barang yang dijual menjadi tidak laku, jika mutunya tidak lagi memadai. Karena itu di dalam pengembangan pariwisata, asas pengelolaan lingkungan untuk melestarikan kemampuan lingkungan untuk mendukung pembangunan yang terlanjutkan bukanlah merupakan hal yang abstrak, melainkan benar-benar konkrit dan sering mempunyai efek jangka pendek. Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan ialah sebagai berikut.

2. DAYADUKUNG LINGKUNGAN

Setiap daerah mempunyai kemampuan tertentu untuk menerima wisatawan, yaitu yang disebut dayadukung lingkungan. Dayadukung lingkungan dinyatakan dalam jumlah wisatawan per satuan luas per satuan waktu. Tetapi baik luas maupun waktu umumnya tidak dapat dirata-ratakan, karena penyebaran wisatawan dalam ruang dan waktu tidak merata. Seringkali wisatawan itu mengelompok di tempat dan waktu tertentu. Misalnya, di daerah Puncak-Cipanas, konsentrasi wisatawan adalah Riung Gunung, sekitar Telaga Warna, restoran Rindu Alam dan Hotel Puncak Pass, Kebun Raya Cibodas dan di kota Cipanas. Menurut waktu, konsentrasi wisatawan terdapat pada hari Minggu dan hari libur lain. Karena itu dayadukung lingkungan daerah wisatawan Puncak-Cipanas tidak dapat dihitung berdasarkan rata-rata luas daerah antara Cibulan dan Cipanas dan rata-rata setiap bulan atau tahun, melainkan harus memperhatikan tiap lokasi dan waktu yang penting. Misalnya, apabila jumlah wisatawan dihitung per tahun akan terdapat angka yang jauh di bawah dayadukung lingkungan. Tetapi bila dihitung jumlah wisatawan per hari Minggu, akan didapatkan angka yang tinggi yang sebenarnya mungkin telah melampaui dayadukung.

Dayadukung lingkungan pariwisata dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu tujuan wisatawan dan faktor lingkungan biofisik lokasi pariwisata.

Tujuan pariwisata adalah untuk mendapatkan rekreasi. Rekreasi tidak hanya berarti bersenang-senang, melainkan harus diartikan sebagai re-kreasi, yaitu secara harfiah berarti diciptakan kembali. Jadi dengan re-kreasi itu orang ingin menciptakan kembali atau memulihkan kekuatan dirinya, baik fisik maupun spiritual. Setelah berekreasi orang merasa dirinya pulih untuk melakukan tugasnya lagi. Karena itu tujuan rekreasi bermacam-macam, antara lain bermain-main, berolah-raga, belajar, beristirahat atau kombinasi macam-macam tujuan itu. Misalnya, tempat hiburan adalah untuk bermain-main, kolam renang untuk berolah raga,

museum untuk belajar dan daerah pegunungan yang sejuk dan hening untuk beristirahat.

Walaupun tujuannya bermacam-macam, tetapi semuanya mempunyai sifat umum yang sama, yaitu dilakukan di luar tugas pekerjaan untuk mendapatkan hiburan. Hiburan inilah yang merupakan faktor utama dalam penciptaan kembali diri orang.

Dengan adanya tujuan khusus, di samping ingin mendapatkan hiburan, wisatawan tentulah mengharapkan untuk mencapai tujuan khusus itu. Harapan itu akan menciptakan suatu kondisi psikologi tertentu pada wisatawan itu. Karena itu dayadukung lingkungan berkaitan dengan faktor psikologi tujuan pariwisata tertentu. Misalnya, di tempat hiburan seperti di Taman Ria di Medan Merdeka, Jakarta, dan di pasar malam, orang merasa senang untuk berdesak-desak. Kalau sepi ia malahan tidak senang. Demikian pula di pantai untuk bermain-main, beribu orang wisatawan merasa senang-senang saja berjemur diri sangat berdekatan satu dengan yang lain. Jika tidak banyak wisatawan mereka merasa kesunyian. Akan tetapi bila orang pergi ke pantai dengan tujuan untuk berolah-raga, mereka merasa terganggu jika ada terlalu banyak orang. Orang yang ingin beristirahat dengan mencari keheningan dan hawa sejuk di pegunungan akan merasa kesal, bahkan merasa rekreasinya gagal, bila di tempat itu banyak orang dan hiruk pikuk dengan kebisingan kendaraan dan radio transistor. Dengan demikian dayadukung pariwisata berbeda-beda menurut tujuan pariwisata itu. Pada umumnya dayadukung itu berturut-turut dari yang tinggi ke yang rendah ialah tempat hiburan, olah raga, belajar dan istirahat.

Perencanaan pengembangan pariwisata haruslah memperhatikan dayadukung berdasar atas tujuan pariwisata. Sayang sekali, di Indonesia pada umumnya tujuan rekreasi masih kurang mendapat perhatian. Rekreasi masih terlalu banyak diartikan sebagai bermain-main saja, sehingga, misalnya, museum menjadi tempat berpiknik. Disarankan, agar seyogyanya tujuan masing-masing tempat wisata itu diiden-

tifikasi dan diadakan pengembangan yang teratur yang sesuai dengan tujuan itu.

Faktor biofisik yang mempengaruhi kuat atau rapuhnya suatu ekosistem akan sangat menentukan besar-kecilnya dayadukung tempat wisata tersebut. Ekosistem yang kuat mempunyai dayadukung yang tinggi, yaitu dapat menerima wisatawan dalam jumlah yang besar, karena tidak mudah rusak dan dapat cepat pulih dari kerusakan. Ekosistem demikian pada umumnya terdapat di ketinggian di atas laut yang rendah, yang datar atau landai, suhu yang tinggi dan tanah yang subur, misalnya sebuah hutan wisata di dataran aluvial Jawa bagian utara. Karena tanahnya datar atau landai, tidak mudah terjadi erosi dan jika terjadi kerusakan, pohon-pohon dengan cepat dapat tumbuh kembali, karena tanah yang subur dan suhu yang tinggi.

Sebaliknya ekosistem kawah di pegunungan yang tinggi, merupakan contoh daerah wisata yang mempunyai dayadukung rendah, misalnya, Kawah Papandayan dan Kawah Ciwidey di Jawa Barat. Suhu yang rendah, tanah yang tidak subur dan adanya gas yang beracun, antara lain uap belerang, menjadikan ekosistem itu rapuh (Gambar 9.1). Jika terjadi kerusakan pohon dan tumbuhan lain akan pulih dengan sangat perlahan-lahan karena suhu yang rendah, tanah yang tak subur dan gas yang beracun. Jenis tumbuhan yang dapat tumbuh di tempat itu pun sangat terbatas, yaitu yang amat khas *Vaccinium* dan paku-pakuan *Heliopteris incisa* dan *Seguea feei.* Alun-alun dengan tumbuhan edelweis di puncak Gunung Gede di Jawa Barat juga merupakan ekosistem yang rapuh dengan dayadukung yang kecil. Secara umum dapat dikatakan Taman Nasional Pangrango-Gede mempunyai dayadukung yang rendah. Jumlah wisatawan ke daerah semacam itu harus dibatasi dan diadakan pengawasan yang ketat. Karena sampah lambat membusuk, pembuangan sampah juga harus diawasi.

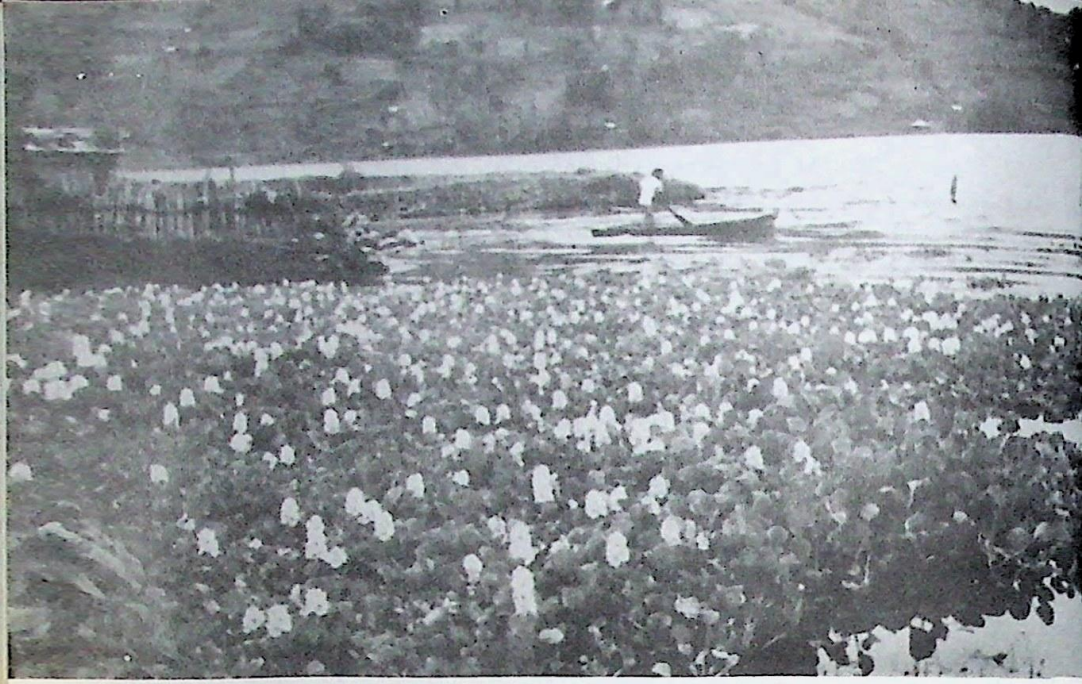
Dayadukung badan air yang digunakan untuk pariwisata dipengaruhi oleh luas dan volume badan air itu dan gerak air. Misalnya, sebuah danau yang luas, dalam, pencampuran air yang baik dan pergantian air yang cepat mempunyai



Gambar 9.1. Ekosistem kawah yang rapuh. Proses pemulihan dari kerusakan berjalan lambat. Karena itu dayadukung lingkungan untuk pariwisata rendah. *Foto: Otto Soemarwoto*

dayadukung yang lebih besar daripada danau yang sempit, dangkal, airnya tenang dan mengalami penggantian air yang pelan. Hal ini disebabkan karena di danau dengan volume air yang besar yang tercampur oleh gelombang atau arus dan cepat diganti, zat pencemar akan mengalami pengenceran dan terbawa keluar danau oleh adanya aliran keluar. Danau Toba, di Sumatera Utara misalnya, mempunyai dayadukung yang lebih tinggi daripada Danau Sarangan di Madiun. Danau Tiga Warna Kelimutu di Flores, dapat diperkirakan mempunyai dayadukung yang rendah. Pantai Kuta di Bali sebelah barat dengan gelombang yang besar mempunyai dayadukung yang lebih tinggi daripada pantai Sanur di Bali sebelah timur yang pantainya terlindung oleh terumbu karang.

Uraian di atas hanyalah bersifat umum. Kondisi lokal dapat menyebabkan penyimpangan dari gambaran umum itu. Di teluk yang tenang dayadukung akan lebih kecil daripada



Gambar 9.2. Penyuburan Danau Toba di Prapat oleh limbah dari perkampungan penduduk, hotel dan restoran. Eceng gondok mulai terpacu pertumbuhannya. Apabila tidak diambil tindakan, akan terjadi pertumbuhan eceng gondok yang eksponensial dan danau tak akan terselamatkan lagi. *Foto: Otto Soemarwoto*

keadaan umum di danau yang besar atau pantai yang gelombangnya besar. Hal ini dapat kita lihat di Prapat: di teluk dekat kampung Ajibata telah terjadi penyuburan air secara lokal yang memacu pertumbuhan eceng gondok dan merusak keindahan teluk tersebut (Gambar 9.2).

Terumbu karang umumnya sangat menarik. Ia berwarna-warni dengan berjenis ikan dengan bentuk dan warna yang mengagumkan. Karena itu terumbu karang sering disebut taman laut. Ia mempunyai potensi besar untuk pariwisata. Karena letak Indonesia di daerah tropik, terumbu karang banyak terdapat di negara kita. Yang sudah lama terkenal ialah di Maluku. Tetapi di banyak tempat sebenarnya terdapat terumbu karang yang indah, misalnya di Teluk Jakarta, di perairan Ujung Kulon, Gili Air (Lombok), dan

Komodo (Flores). Tetapi sayang banyak terumbu karang telah mengalami kerusakan karena digunakan sebagai bahan baku pabrik kapur dan adanya penangkapan ikan dengan dinamit.

Terumbu karang merupakan ekosistem yang rapuh. Ia mudah mengalami kerusakan dan proses pemulihannya sangat lambat. Penangkapan ikan yang berlebih dapat merubah sifat terumbu karang. Pencemaran dapat mematikannya. Demikian pula erosi di daratan yang akan mengakibatkan terbawanya lumpur ke laut oleh sungai, sangatlah berbahaya bagi terumbu karang. Karena itu pengelolaan terumbu karang untuk pariwisata harus dilakukan dengan baik, antara lain pelarangan penangkapan ikan dan pengambilan karang, serta pencegahan erosi dan pencemaran. Jumlah wisatawan dibatasi sampai pada batas dayadukung.

Pariwisata yang didasarkan pada pengamatan hewan, misalnya di Ujung Kulon (Jawa Barat), Baluran (Jawa Timur) dan Komodo (Flores), harus juga mengingat dayadukung lingkungan daerah itu. Wisatawan yang berlebih akan mengganggu hewan, merusak habitat hewan dan dapat mengurangi persediaan air untuk hewan. Bahaya yang akhir ini terdapat di daerah yang kering, seperti di Baluran dan Komodo. Terlepas dari efek persaingan dengan hewan untuk mendapatkan air, persediaan air haruslah diperhitungkan benar dalam perencanaan pariwisata di daerah yang kering. Di Labuhanbajo di Flores Barat, misalnya, air akan merupakan faktor yang sangat menentukan dalam dayadukung lingkungan untuk pariwisata.

Faktor biofisik yang mempengaruhi dayadukung lingkungan bukan hanya faktor alamiah, melainkan juga faktor buatan manusia. Misalnya, adanya perkampungan penduduk di dekat lokasi pariwisata yang limbahnya terbuang langsung atau terbawa oleh arus ke lokasi itu akan menurunkan dayadukung lingkungan pariwisata tersebut. Kampung Ajibata di Prapat adalah salah satu contoh. Contoh lain ialah Pantai Pede di Flores Barat yang direncanakan sebagai tempat pariwisata yang akan mendukung pariwisata di Taman Nasional Komodo. Pantai Pede terletak dekat kota keca-

matan Labuhanbajo. Dari pertumbuhan rumput laut di Pantai Pede dapat diperkirakan telah terjadi penyuburan air dari limbah domestik Labuhanbajo. Karena itu untuk menghindari penyuburan yang berlebih jumlah wisatawan yang dapat ditampung akan terbatas.

Sarana pariwisata juga merupakan faktor dalam penentuan dayadukung, antara lain jalan dan tempat peristirahatan. Misalnya, jalan dari Ciawi ke Puncak dan Cipanas sering mengalami kemacetan, terutama pada hari Minggu dan libur lainnya. Kemacetan itu dapat sampai berjam-jam, sehingga menimbulkan kekesalan dan kekecewaan wisatawan, apalagi wisatawan luar negeri yang waktunya terbatas. Karena itu sebenarnya jumlah wisatawan pada hari libur telah melampaui dayadukung lingkungan.

Dayadukung lingkungan tidak cukup hanya dilihat dari sarana pelayanan wisatawan, melainkan juga harus dari segi kemampuan lingkungan untuk mendukung sarana itu. Dengan mengambil contoh antara Megamendung dan Puncak telah nampak adanya petunjuk kemampuan lingkungan itu telah atau hampir terlampaui. Misalnya, rumah peristirahatan dibangun sampai ke daerah yang tinggi sekali dan yang berlereng curam, serta telah makin berkurangnya luas hutan merupakan petunjuk itu. Hal yang serupa kita lihat di daerah antara Cimacan dan Cibodas. Karena itu sarana pelayanan kebutuhan wisatawan tidak dapat ditambah terus dengan naiknya jumlah wisatawan. Hal ini berarti jumlah wisatawan harus dibatasi, sesuai dengan dayadukungnya.

Pembatasan jumlah wisatawan akan membawa masalah, karena wisatawan itu sukar untuk dibendung dan pembendungan itu akan menghambat laju ekonomi. Masalah ini dapat diatasi dengan mengidentifikasi daerah lain yang mempunyai potensi untuk memberikan jenis rekreasi yang serupa dengan yang ada di daerah Puncak. Daerah yang potensial ialah di kompleks Gunung Salak dekat Bogor untuk wisatawan dari Jakarta—Bogor, dan untuk wisatawan dari Bandung cagar alam Gunung Tilu, Gunung Kamojang dan Gunung Papandayan yang letaknya dekat Bandung.

Pengembangan daerah itu akan dapat menyalurkan sebagian wisatawan ke daerah itu dan dengan demikian mengurangi tekanan wisatawan di daerah Megamendung — Puncak — Cipanas.

Kiranya jelaslah perencanaan pariwisata yang tidak memperhatikan dayadukung lingkungan akan menurunkan kualitas lingkungan dan rusaknya ekosistem yang dipakai untuk pariwisata itu sehingga akhirnya akan menghambat bahkan menghentikan perkembangan pariwisata itu.

3. KEANEKAAN

Keinginan dan selera wisatawan berbeda-beda. Karena itu untuk dapat melayani mereka, haruslah kepada mereka disediakan pilihan. Derajat kebebasan untuk memilih merupakan salah satu faktor penting yang menentukan mutu lingkungan. Untuk dapat memilih haruslah ada keanekaan. Karena itu dalam pengembangan pariwisata harus dijaga, agar ada keanekaan. Usaha penganekaan itu didasarkan pada bermacam faktor.

Tujuan pariwisata suatu obyek wisata tertentu merupakan faktor penting dalam pengembangan pariwisata. Pengembangan sarana wisatawan harus disesuaikan dengan tujuan itu dan dengan penerangan, yang harus merupakan bagian dalam usaha pengembangan, diusahakan agar para wisatawan menggunakan obyek wisata itu sesuai dengan tujuannya. Tetapi kecenderungannya sekarang ialah semua obyek wisata dikembangkan menjadi tempat untuk berpiknik dan bersenang-senang saja. Misalnya, museum dan peninggalan arkeologi, yang pada hakekatnya merupakan museum di lapangan terbuka, hampir-hampir tidak mempunyai fungsi sebagai tempat untuk menambah ilmu pengetahuan, kecuali untuk rombongan murid yang datang khusus. Selebihnya datang untuk berpiknik. Contoh ialah candi Borobodur, Prambanan dan candi Cangkoang (Jawa Barat). Tidak dikembangkan di daerah itu pusat penerangan yang baik untuk dapat belajar tentang candi itu, misalnya dengan gambar, film dan ceramah. Yang berkembang ialah restoran, warung dan pedagang kaki lima, lengkap dengan musiknya

yang sangat keras. Hal yang serupa kita dapatkan di cagar alam, misalnya di cagar alam Pananjung Pangandaran di Jawa Barat.

Umur mempengaruhi pula selera wisatawan. Para remaja banyak yang menginginkan obyek wisata yang agak sulit atau yang sulit untuk dicapai. Mereka menginginkan adanya petualangan, misalnya mendaki gunung atau menjelajahi hutan. Sebaliknya orang yang lebih tua tidak lagi kuat untuk berjalan jauh, apalagi di jalan yang menanjak. Karena itu harus pula ada pilihan bagi kelompok umur.

Faktor lain yang mempengaruhi selera wisatawan ialah jenis kelamin, mode, pendidikan dan kebudayaan. Wanita umumnya lebih senang pada yang indah dan halus, serta tidak menyukai hal yang kejam. Misalnya, banyak wanita yang menganggap kejam dan sama sekali tidak menarik pertunjukan komodo yang merobek-robek kambing yang diberikan sebagai umpan kepada komodo itu, walaupun kambing itu telah mati. Reaksi serupa terdapat pada wisatawan asing, baik laki-laki maupun wanita, karena latar belakang kebudayaan mereka.

Mode sangat berubah-ubah dari waktu ke waktu. Apa yang sekarang dianggap baik dan populer, akan menarik banyak wisatawan. Tetapi di kemudian hari dapat saja obyek wisata itu dianggap buruk. Agar supaya pilihan kita untuk kemudian hari tidak tertutup secara dini, kita harus menyisihkan obyek wisata yang sifatnya lentur, dalam arti masih dapat diubah dalam bentuk lain. Misalnya, obyek wisata hutan bersifat lentur. Dari hutan dapat dibuat taman, daerah olahraga, kompleks perhotelan dan lain sebagainya. Sebuah taman sifatnya juga lentur. Tetapi kompleks perhotelan praktis tidak lagi dapat diubah menjadi obyek wisata lain. Karena itu perkembangan kompleks perhotelan dan rumah peristirahatan yang tidak terkendalikan, membahayakan hari depan perkembangan pariwisata.

Uraian di atas menunjukkan pengelolaan lingkungan untuk pengembangan pariwisata harus memperhatikan keanekaan. Disayangkan hal ini belum mendapat perhatian. Ter-

dorong oleh komersialisme yang berlebihan, kecenderungan yang sekarang ada ialah untuk menciptakan suasana kota di obyek-obyek wisata lengkap dengan restoran dan musik popnya, juga di daerah yang jauh dari kota. Kita hampir-hampir tak ada lagi pilihan untuk mendapatkan tempat yang hening dan sejuk. Dengan adanya proses urbanisasi yang pesat yang menimbulkan tekanan jiwa pada penduduk kota, kebutuhan akan tempat istirahat yang hening akan makin kita rasakan. Akan tetapi jika kecenderungan yang sekarang terus berjalan, kita akan kehabisan tempat rekreasi yang hening itu. Dengan perkembangan pendidikan yang makin pesat, tujuan belajar dalam rekreasi juga akan memegang peranan yang makin penting.

4. KEINDAHAN ALAM

Keindahan merupakan unsur penting dalam kepariwisataan, antara lain keindahan bentang alam. Bentang alam ada yang bersifat alamiah ada pula yang sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia, misalnya di kota dan di daerah dekat kota. Wisatawan dari kota pada waktu tertentu ingin menikmati bentang alam yang alamiah. Akan tetapi sayang, terdorong oleh keinginan untuk mendapat keuntungan yang besar dalam waktu singkat, nilai estetika yang bersifat alamiah di banyak obyek wisata telah mengalami kerusakan.

Keindahan alam merupakan aspek penting dalam pariwisata di daerah pegunungan, misalnya di daerah Megamendung – Puncak – Cipanas. Tetapi jika kita naik mobil di daerah itu, keindahan alam tidak banyak lagi dapat dilihat sebab telah tertutup oleh restoran, hotel dan perumahan yang telah tumbuh sepanjang jalan. Lagi pula lereng-lereng gunung juga telah dipenuhi oleh rumah peristirahatan.

Situ Ciburuy dekat Padalarang adalah contoh lain. Dari jalan raya danau itu tidak lagi nampak, karena tertutup oleh tempat parkir dan warung-warung. Seandainya tempat parkir dan warung dipindahkan ke samping danau, dan tempat warung dan parkir yang sekarang dijadikan taman, Situ Ciburuy akan lebih menarik. Hal yang serupa perlu dilaku-



Gambar 9.3. Objek wisata Situ Patenggang, Jawa Barat. Penempatan tempat parkir dan restoran yang merusak nilai estetis danau.
Foto: Otto Soemarwoto

kan di Situ Patenggang, sebuah danau pegunungan yang amat cantik, kira-kira 40 km sebelah baratdaya Bandung (Gambar 9.3.).

Di Danau Sarangan di dekat Madiun penembokan tepi danau, pembuatan jalan aspal keliling dan pembangunan rumah peristirahatan dan hotel di tepi danau telah mengubah danau itu menjadi sebuah kolam besar dan sama sekali menghilangkan keindahan alamiah.

Di puncak tertinggi di Danau Tiga Warna Kelimutu, Flores, telah dibangun sebuah tugu yang arsitekturnya sama sekali tidak sesuai dengan lingkungannya, sehingga telah mengganggu keindahan alam.

Dalam semua contoh itu kerusakan keindahan alam itu sebenarnya dapat dihindari, apabila dalam perencanaan pengembangan obyek wisata itu orang menyadari bahwa yang ingin dijual di obyek itu adalah keindahan alam.

Karena yang ingin dijual itu keindahan alam, ia harus dijaga. Sebab bila ia hilang, apakah yang ingin dijual?

5. VANDALISME

Vandalisme ialah kegiatan manusia yang merusak. Candi, gedung, tumbuhan, karang, tebing gunung dan jalan, ya di mana saja kita melihat vandalisme itu. Karena itu vandalisme sangat merugikan pariwisata.

Vandalisme yang sangat umum ialah dalam bentuk corat-coret. Kelompok dan perorangan ingin menunjukkan, mereka telah mengunjungi tempat tertentu. Itulah kebanggaan mereka. Corat-coret dilakukan dengan cat warna-warni di tugu, tembok gedung, candi dan karang. Misalnya, tugu di Danau Telaga Warna Kelimutu penuh dengan corat-coret. Dapat juga corat-corat itu dilakukan dengan menggores atau mengiris di sebuah permukaan. Banyak pohon menderita vandalisme yang demikian itu (Gambar 9.4).

Bentuk vandalisme yang lain ialah memotong pohon, dahan, memetik bunga dan mengambil tanaman. Perbuatan itu sering dilakukan dengan tidak menyadari kerusakan yang diakibatkan olehnya. Ironinya kerusakan itu banyak dilakukan oleh remaja yang tergabung dalam klub yang menamakan dirinya pencinta alam. Mereka banyak yang naik gunung dengan tidak melalui jalan setapak yang ada, karena dianggapnya lebih sulit dan prestasi yang dicapainya dianggap lebih besar. Dalam penjelajahannya ini mereka memotong pohon dan dahan untuk membuat rintisan jalan. Mereka sengaja tidak membawa tenda, melainkan tidur di dalam bivak yang dibuat dari daun-daunan. Atau apabila membawa tenda, mereka memotong dahan untuk patok pengikat tenda. Mereka juga memotong dahan untuk tongkat, memikul barang, menjemur pakaian, menggantungkan alat memasak, dan api unggun. Apabila yang melakukan penjelajahan hanya satu kelompok saja, pengrusakannya tidaklah besar. Tetapi klub pencinta alam sangatlah banyak dan rombongan di luar klub juga banyak. Karena itu apabila satu kelompok selama penjelajahannya memotong 10 batang pohon atau dahan, 100 kelompok akan memotong



Gambar 9.4. Vandalisme. Kelakuan remaja pencinta alam yang sangat tercela. Seyogyanya para pencinta alam menggariskan kode etik untuk mencegah kerusakan alam. *Foto: Otto Soemarwoto*

1.000 batang. Untuk daerah yang populer, seperti Gunung Pangrango-Gede, yang dikunjungi oleh banyak kelompok, kerusakan akan besar.

Memetik bunga dan mengambil tanaman dari hutan juga banyak dilakukan oleh kelompok remaja. Misalnya, bunga edelweis di alun-alun di dekat puncak Gunung Gede dan tanaman anggrek banyak diambil oleh pendaki gunung. Di Kelimutu Flores, ada kebiasaan pada waktu pulang mobil pengunjung dihiasi dengan dahan tumbuhan *Vaccinium* yang merupakan tumbuhan khas di daerah kawah. Pemetikan dan pengambilan tumbuhan itu tidak menye-

babkan banyak kerusakan, jika hanya dilakukan oleh satu dua orang saja. Tetapi jika yang melakukannya beratus orang, efek kumulatifnya adalah besar.

Perbuatan itu banyak yang dilakukan di daerah pegunungan. Di tempat itu suhu rendah, sering banyak kabut, dan khususnya di daerah kawah tanahnya tidak subur, sehingga pertumbuhan tumbuhan lambat. Misalnya, *Vaccinium* yang tumbuh di kawah Papandayan dan di Kelimutu sangat terhambat dan hanya merupakan semak yang kecil. Bila semak itu dipotong, pertumbuhan kembali akan sangat lambat atau mungkin mati.

Mengatasi masalah vandalisme nampaknya sulit, sebab dari hari ke hari masalah itu makin meluas. Kiranya perlu dilakukan tindakan yang tegas. Beberapa tindakan dapat dipertimbangkan. Pertama, klub pencinta alam menyusun kode etik yang disetujui bersama untuk ditegakkan. Kode etik itu meliputi juga kelakuan untuk tidak merusak fauna, flora, unsur alam lainnya dan benda seni atau kebudayaan, betapapun kecilnya kerusakan itu. Pelanggaran kode etik ini akan dikenakan sangsi, baik pelakunya sendiri maupun klubnya. Kedua, klub pencinta alam memberikan pendidikan kepada anggotanya tentang kelakuan yang baik yang tidak merusak, dan memperkeras disiplin ke dalam. Misalnya, pada masa pendidikan dan latihan, menginap dalam bivak dari daun-daunan hendaknya ditiadakan atau diganti dengan cara menginap yang lain yang tidak merusak. Pendidikan dialihkan dari prestasi fisik yang merusak, ke prestasi ketajaman pengamatan lapangan dan dokumentasi pengamatan yang teliti dengan catatan, gambar sketsa dan potret. Pelanggaran kode etik ditindak dengan tegas. Ketiga, pihak yang berwajib, antara lain pamong praja, Dinas Pariwisata dan Kantor Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam, menindak tegas vandalisme di daerahnya. Mereka yang tertangkap basah dicabut izinnya untuk penjelajahan atau berkemah. Menurut besarnya kesalahan, tindakan itu dapat diikuti dengan pengajuan ke pengadilan. Keempat, sekolah, pers, orang tua dan lain pihak ikut membantu melakukan gerakan anti vandalisme. Di samping artikel yang memberi

penerangan, pers mengumumkan pula klub yang telah berlaku baik, maupun yang telah berlaku buruk.

Dari keempat tindakan itu, tindakan pertama dan kedua, yaitu oleh organisasi pencinta alam sendiri, memberikan kemungkinan terbesar untuk dapat efektif. Apabila organisasi itu dapat merasa bangga untuk tindakannya yang melindungi lingkungan dan merasa malu untuk tindakannya yang merusak, serta dapat menanamkan rasa ini pada anggotanya, pastilah vandalisme akan surut.

Dengan makin berkembangnya pariwisata, tindakan antivandalisme itu haruslah dilakukan secara sistematis dan terus-menerus. Suatu tindakan kejutan yang bersifat *ad hoc* tidak akan memecahkan masalah itu.

6. PENCEMARAN

Pencemaran merupakan musuh utama industri pariwisata. Akan tetapi ironinya, pariwisata merupakan pencemar yang besar pula. Makin sukses kepariwisataan di suatu daerah, makin besar pula bahaya pencemaran. Pencemaran yang paling nampak ialah oleh sampah padat. Makin banyak wisatawan, makin banyak pula sampah yang diproduksi, antara lain bungkus makanan, sisa makanan dan bungkus film yang berupa kertas, plastik, daun pisang, tongkol dan daun buah jagung, dan kulit buah. Kecuali produksi sampah yang besar, pencemaran juga disebabkan oleh kelakuan wisatawan yang tidak mengindahkan kebersihan. Mereka membuang sampah di mana-mana dengan seenaknya saja, yaitu waktu duduk-duduk berpiknik, sambil berjalan dan dari kendaraan. Tempat pembuangan sampah tidak diindahkan. Akibatnya sampah berserakan sepanjang jalan dan di tempat-tempat wisatawan berkumpul. Terutama pada hari Minggu dan hari libur lainnya, pencemaran itu sangat nampak. Misalnya, Cipanas, Lembang dan Berastagi tidak dapat lagi disebut sebagai kota yang bersih. Kebun Raya di Bogor dan Cibodas pada hari Minggu juga menjadi sangat kotor.

Bentuk pencemaran lain ialah asap dan kebisingan mobil, oleh karena banyak wisatawan yang datang dengan mobil. Pencemaran itu menjadi makin parah, oleh karena arus lalu

lintas sering tidak lancar, atau bahkan terjadi kemacetan. Sebab tingkat pencemaran oleh asap mobil tidak saja ditentukan oleh jumlah kendaraan, melainkan juga kelancaran lalu-lintas. Makin tidak lancar arus lalu-lintas, makin besar efek pencemaran sebuah mobil. Ketidaklancaran lalulintas juga menyebabkan banyak pengendara mobil yang tidak sabar dan membunyikan klaksonnya, sehingga terjadi tingkat kebisingan yang tinggi. Hal ini dapat kita lihat antara lain di Cipanas yang terletak dalam jalur arus lalu lintas Jakarta—Bandung.

Pencemaran lain yang kurang nampak ialah yang disebabkan oleh limbah cair yang berasal dari kamar mandi. Karena kurang nampak dan efeknya baru terasa setelah waktu yang lama, pencemaran ini kurang mendapat perhatian. Pada umumnya di daerah pariwisata tersedia kamar mandi di restoran dan hotel untuk buang air kecil dan besar. Dari kamar mandi limbah akan meresap ke dalam tanah atau dibuang melalui selokan ke sungai, danau atau laut. Efek pencemarannya itu berupa naiknya populasi bakteri dan tingkat kesuburan badan air yang menerima limbah itu. Naiknya populasi bakteri akan membahayakan kesehatan wisatawan yang menggunakan air yang tercemar itu.

Penyuburan perairan oleh pariwisata telah terjadi di banyak tempat. Masalah itu lebih parah lagi, apabila perairan itu menerima juga limbah dari pemukiman penduduk. Penyuburan itu akan memacu pertumbuhan gulma air, antara lain eceng gondok, kiambang *(Salvinia spp.)* dan *Hydrilla.* Gulma air itu merusak keindahan perairan, mengganggu olah raga air, mengurangi kapasitas waduk atau danau untuk menyimpan air, dan mempercepat pendangkalan. Contoh yang sudah disebutkan ialah Danau Toba di Prapat (Gambar 9.2.).

Dalam kondisi tertentu yang dipacu pertumbuhannya ialah ganggang bersel satu *Microcystis.* Dalam jumlah yang besar *Microcystis* membuat air menjadi hijau dengan bau yang busuk dan beracun. Dalam kondisi itu keindahan badan air telah rusak dan olah raga air sama sekali tidak lagi menarik.

Oleh karena pencemaran mempunyai efek negatif yang besar terhadap perkembangan pariwisata, tindakan harus diambil untuk mengatasinya. Efek negatif itu makin besar, makin tinggi kesadaran lingkungan wisatawan, karena permintaan mereka untuk mendapatkan lingkungan yang bersih makin meningkat. Sampah padat sebenarnya tidak sulit untuk diatasi, apalagi karena lokasi wisata luasnya terbatas. Dengan kemauan pada pihak Pemerintah dan wisatawan, serta kerjasama yang baik antara kedua pihak, sampah tidak perlu menjadi masalah. Pemerintah menyediakan tempat sampah dan membuang sampah itu secara teratur, dan wisatawan membuang sampah di tempat yang telah disediakan. Biaya pengelolaan sampah diambil dari pendapatan Pemerintah dari pariwisata itu, antara lain pajak dari hotel dan restoran. Bahwa sampah masih merupakan masalah menunjukkan, belum adanya kesadaran dan kemauan yang cukup pada Pemerintah dan wisatawan, untuk mengatasi masalah sampah. Sampah masih dianggap hal yang biasa dan kehadirannya dianggap wajar. Kiranya perlu diambil tindakan oleh Pemerintah terhadap orang yang membuang sampah di sembarang tempat.

Pencemaran oleh kendaraan bermotor lebih sulit untuk diatasi. Sebab transpor diperlukan, apalagi untuk lokasi wisata yang jauh dari kota. Masalah itu lebih sulit lagi untuk lokasi wisata yang terletak pada jalur lalu lintas utama, seperti Puncak dan Cipanas. Kemungkinan untuk mengatasi masalah itu ialah dengan mengurangi jumlah kendaraan dengan mengembangkan sistem transpor masal. Sebab sebuah bis dengan 40 penumpang akan mengganti delapan buah kendaraan sedan dengan lima penumpang. Transpor masal ini harus baik: frekuensinya cukup tinggi, sehingga orang tidak perlu lama menunggu; jam keberangkatan dan kedatangan teratur dan dapat dipercaya; bersih; nyaman dan aman. Transpor masal itu dapat bersifat sukarela, artinya tidak ada keharusan untuk menggunakannya. Tetapi seyogyanya Pemerintah mendorong penggunaannya dengan memberikan insentif tertentu. Sistem sukarela ini dilakukan di daerah wisata yang masalah kemacetan lalu-

lintas dan pencemarannya belum berat. Untuk daerah yang masalahnya sudah berat, paksaan harus diadakan. Hal ini telah dilakukan di Amerika Serikat di beberapa daerah wisata yang sangat populer, antara lain, Yosemite National Park dan Grand Canyon National Park. Paksaan memang tidak enak, tetapi kepentingan umum harus didahulukan dari kepentingan pribadi.

Kemungkinan lain ialah untuk menyebarkan wisatawan dengan mengembangkan lokasi wisata lain. Seperti telah disebut di muka untuk daerah Puncak—Cipanas jumlah wisatawan dapat dikurangi dengan mengembangkan pariwisata di daerah Gunung Salak. Dengan pengembangan itu sebagian wisatawan dari Bogor dan Jakarta akan tersalur ke Gunung Salak. Sudah barang tentu pengembangan itu harus dilakukan dengan baik, agar tidak terjadi kerusakan lingkungan.

Pencemaran oleh limbah cair seyogyanya ditangani sedini mungkin. Tetapi kesulitan dengan limbah cair adalah justru ketidakmauan Pemerintah untuk mengambil tindakan dini. Sebab pencemaran itu mula-mula tidak nampak dan setelah mulai nampak ada gejala, misalnya pertumbuhan gulma air yang sedikit, gejala dini itu diabaikan. Prioritas lebih tinggi diberikan pada pembangunan sarana pariwisata, misalnya hotel dan restoran, daripada penanggulangan pencemaran. Tetapi setelah fase pertumbuhan yang lambat, dengan kenaikan kesuburan yang terus menerus pertumbuhan gulma air itu sekonyong-konyong menjadi cepat. Dalam ekologi dikatakan, badan air itu mengalami loncatan katastrofal, yaitu seolah-olah sekonyong-konyong sifatnya berubah. Ekosistem badan air itu dengan cepat sekali berubah, yaitu dari badan air yang bersih menjadi badan air yang penuh ditumbuhi gulma air. Setelah terjadi loncatan katastrofal, tindakan yang diambil sudahlah terlambat. Biayanya akan mahal dan mungkin masalahnya tidak teratasi lagi.

Tindakan penanggulangan yang biasanya diambil ialah pembersihan badan air dari gulma air. Tetapi ini hanya bersifat simtomatis. Yang lebih penting ialah menghilangkan sumber pencemaran. Untuk ini harus ada pengaturan agar

limbah cair dari restoran dan hotel tidak dibuang ke dalam air. Atau boleh dibuang ke badan air, setelah mengalami pengolahan untuk menurunkan tingkat kesuburan limbah cair ini. Pengolahan secara mekanik dan kimiawi adalah mahal. Yang perlu diteliti ialah untuk menggunakan eceng-gondok sebagai saringan. Di Danau Toba, misalnya, salah satu teluknya di dekat Prapat dapat digunakan untuk keperluan ini. Pertumbuhan eceng gondok dikendalikan di dalam teluk dan semua limbah cair dialirkan ke teluk tersebut. Eceng gondok dapat dimanfaatkan untuk bermacam keperluan, antara lain makanan babi, kerajinan tangan untuk wisatawan atau biogas untuk energi obyek wisata itu. Agar limbah restoran dan hotel tidak mudah masuk ke dalam danau, seyogyanya letaknya tidak di bibir danau. Hal ini juga akan membantu menghindari kerusakan lingkungan estetis danau.

7. KERUSAKAN HUTAN

Obyek wisata yang menarik ialah antara lain cagar alam dan daerah pegunungan. Pengembangan pariwisata di daerah itu telah banyak menyebabkan kerusakan hutan. Contoh yang sangat menyolok ialah di daerah Megamendung-Puncak. Banyak bungalow dibangun di lereng yang sangat miring sampai pada dekat puncak-puncak bukit. Hutan pun terus terdesak dan sudah hampir habis. Perkembangan pariwisata itu telah menjadi faktor penting terjadinya banjir kiriman kota Jakarta. Dengan berkurangnya hutan, air hujan yang meresap ke dalam tanah berkurang, sehingga pengisian air tanah berkurang pula. Karena itu di sampingnya banjir, kekurangan air juga akan makin parah.

Hilangnya hutan berarti pula makin besarnya erosi dan makin tingginya kandungan lumpur dalam air sungai. Kandungan lumpur yang tinggi, menyebabkan air sungai berwarna keruh yang tidak menarik bagi pariwisata. Lumpur akan mengendap di hilir dan muara sungai, sehingga aliran air terhambat. Dengan terhambatnya aliran air sungai, kemungkinan terjadinya banjir makin besar. Dengan demikian sebenarnya banjir kiriman dan kekurangan air di Ja-

karta sebagian telah dibuat oleh orang Jakarta sendiri, terutama mereka yang berada yang membuat hotel dan bungalow di daerah Megamendung-Puncak. Masalah ini masih belum mendapat perhatian.

Perkembangan pariwisata seperti di Megamendung-Puncak, juga terjadi antara lain di Lembang, Tawangmangu (Jawa Tengah) dan Batu (Jawa Timur), tetapi dalam skala yang lebih kecil. Apabila tidak hati-hati pola pengembangan pariwisata yang merusak lingkungan itu juga akan terjadi di daerah lain, seperti di Sulawesi, Nusa Tenggara dan Sumatera. Yang harus diperhatikan pula ialah kerusakan hutan yang disebabkan oleh para remaja waktu mereka mengadakan lintas alam, berkemah dan berapi-unggun.

8. DAMPAK SOSIAL BUDAYA

Banyak wisatawan yang datang di suatu lokasi wisata berasal dari tempat yang jauh, bahkan ada yang dari luar negeri. Banyak pula lokasi wisata yang letaknya di daerah pedesaan dan wisatawan datang dari kota. Jadi wisatawan itu banyak yang mempunyai latar belakang kebudayaan yang berbeda dari kebudayaan penduduk lokal. Sudah sewajarnyalah terjadi saling mempengaruhi antara penduduk lokal dengan wisatawan. Dalam interaksi ini terjadi hal-hal yang positif, dan ada pula yang negatif. Yang positif antara lain ialah meluasnya cakrawala pandangan penduduk lokal. Mereka sadar dunia mereka bukanlah sekedar desa mereka. Mereka juga belajar tentang adat istiadat yang lain. Seni mereka terpengaruh olehnya. Bentuk-bentuk baru lahir. Kesenian yang semula tradisional dan statis, mengalami modernisasi dan menjadi dinamis. Penduduk yang tadinya melakukan kesenian hanya sebagai aktivitas ritual-religius, menjadi sadar bahwa kesenian mempunyai pula nilai komersial. Pasaran hasil kesenian meningkat. Ekonomi daerah terpacu olehnya, juga karena wisatawan membutuhkan makanan, penginapan dan transpor.

Wisatawan pun belajar dari penduduk lokal. Sedikit atau banyak mereka menyerap kesenian dan kebudayaan penduduk dan dibawanya pulang. Dari interaksi itu tumbuhlah

saling pengertian dan saling menghargai. Dalam hal pariwisata domestik, proses kesatuan dan persatuan bangsa diperkuat.

Pada lain pihak komersialisasi yang berlebihan memerosotkan mutu kesenian. Tarian diubah sekedar untuk memenuhi selera wisatawan. Patung, kain tenun, anyaman, dan keramik diproduksi secara masal. Kebutuhan akan hiburan menimbulkan prostitusi. Kriminalitas dalam bentuk penipuan dan pencurian meningkat.

Industri pariwisata, terutama yang ditujukan pada wisatawan domestik lapisan atas dan internasional, memerlukan sarana yang baik sampai mewah dan tenaga pelayanan yang terdidik dan trampil. Obyek wisata demikian itu sering merupakan enklave atau pulau di tengah lautan masyarakat yang melarat. Masyarakat ini tidak dapat mengambil manfaat dari industri pariwisata itu, karena tidak adanya modal, pendidikan dan ketrampilan. Bahkan sering terjadi sumberdaya yang semula menjadi milik umum masyarakat diambil oleh industri pariwisata dan tidak dapat dipakai lagi oleh rakyat, misalnya air panas dan pantai. Kontras yang menyolok itu menjadi sumber keresahan. Karena itu pengembangan industri pariwisata, terutama di daerah pedesaan, harus mencakup usaha agar rakyat setempat dapat mendapat manfaat dari industri itu, antara lain dengan pendidikan, permodalan, dan lain-lain.

Jelaslah, pariwisata menyajikan manfaat yang besar, tetapi juga mengandung risiko yang tidak kecil. Semua manfaat ada biayanya. Tak ada yang gratis. Manfaat dan risiko itu harus kita kelola dengan baik, agar dapat kita usahakan untuk mendapatkan manfaat bersih yang sebesar-besarnya.

9. ZONASI

Uraian di atas menunjukkan adanya konflik-konflik dalam pengembangan pariwisata. Misalnya, pada satu pihak orang ingin adanya keaslian alamiah, tetapi pada lain pihak dikehendaki adanya sarana hotel, dan parkir; orang ingin kesunyian, tetapi bila tempat yang sunyi itu dibuka dan menjadi terkenal, banyaklah orang mengunjunginya; orang tertarik

pada perairan, tetapi jumlah wisatawan yang besar akan mencemari perairan itu. Konflik itu dapat dikurangi, atau bahkan diatasi, dengan perencanaan zonasi yang masak. Masing-masing zone diberi peruntukan tertentu dan diletakkan demikian rupa, agar fungsi utama obyek wisata tidak rusak dan kepentingan umum tidak terganggu.

Misalnya, pengembangan sebuah pantai, seperti pantai Pelabuhanratu dan Selat Sunda di Jawa Barat, Sanur di Bali dan pantai Senggigi di Lombok. Seyogyanya daerah pantai tidak digunakan untuk pembangunan hotel dan bungalow, sehingga pantai dengan bebas dapat digunakan untuk umum. Daerah ini diperuntukkan bagi rekreasi pantai, taman dan hutan pantai, baik cagar alam maupun hutan wisata. Hutan pantai mempunyai fauna dan flora yang khas yang menarik bagi ilmu pengetahuan maupun pariwisata dan karena itu akan menunjang kepariwisataan. Hotel dan bungalow dibangun di luar daerah tersebut di atas. Tempat yang boleh dibangun harus diatur agar tidak merusak keindahan alam. Pembuangan limbah pun harus diatur, agar tidak mencemari pantai.

Demikian pula pengembangan pariwisata di daerah pegunungan. Daerah bukit sampai ketinggian tertentu dan lereng yang curam merupakan zone yang diperuntukkan bagi hutan dan taman, sehingga sumberdaya tanah dan air dapat terlindungi. Sebagian hutan dapat dikembangkan menjadi hutan wisata dengan sarana untuk lintas alam dan perkemahan. Beberapa tempat disisihkan pula untuk rekreasi yang dapat memberikan kesejukan dan keheningan alam. Di ketinggian yang lebih rendah yang tanahnya datar atau landai, yang mempunyai dayadukung yang lebih tinggi, dapat dikembangkan pariwisata yang intensif: hotel, bungalow, tempat hiburan dan lain-lain.

Zonasi perlu juga dilakukan dalam pengembangan pariwisata di Taman Nasional. Tujuan zonasi ialah untuk menghindari konflik antara kepentingan pariwisata dan pencagaralaman. Secara umum zonasi itu terdiri atas daerah yang dipakai untuk pariwisata secara intensif, daerah yang terbatas pemakaiannya dan daerah yang tertutup. Daerah yang di-

pakai secara intensif untuk pariwisata dipilih yang mengandung hal-hal yang menarik wisatawan. Misalnya pemandangan yang indah dan tempat perumputan hewan liar. Di daerah ini ditempatkan museum dengan pameran fauna, flora dan geologi Taman Nasional itu, pertunjukan film dan ceramah; restoran dan toko penjualan suvenir. Sedapat mungkin daerah ini ditempatkan di dekat pintu gerbang masuk, sehingga efek gangguan terhadap pencagaralaman dapat dibatasi sampai sekecil-kecilnya.

Daerah yang terbatas terbuka untuk jumlah pengunjung yang terbatas dengan membuat sarana yang sederhana, antara lain hanya jalan setapak dan tempat untuk berkemah. Dengan sendirinya yang datang hanyalah remaja yang senang untuk menjelajahi alam, serta mahasiswa dan ilmuwan yang ingin melakukan penelitian.

Daerah yang tertutup hanya boleh dimasuki dengan izin. Umumnya yang diberi izin ialah mahasiswa dan ilmuwan yang ingin melakukan penelitian. Penelitian hanya boleh dengan cara yang tidak merusak. Jadi tidak boleh menebang pohon dan membunuh binatang.

Dengan zonasi yang baik dan yang ditaati, keanekaan dapat dipelihara, sehingga orang dapat memilih rekreasi apa yang diinginkan. Hutan dengan fauna dan floranya dapat terlindungi serta fungsi hidro-orologi hutan dapat terlaksana. Keindahan alam dapat terjaga dan pencemaran dapat dihindari. Jelaslah, masalahnya bukanlah pariwisata *atau* perlindungan lingkungan, melainkan pariwisata *dan* perlindungan lingkungan yang berdampingan secara harmonis.

Syarat utama untuk dapat terlaksananya zonasi adalah untuk mengekang diri dan menempatkan kepentingan umum di atas kepentingan pribadi. Dalam kondisi Indonesia sekarang, hal ini tidaklah mudah. Tetapi alternatifnya ialah perkembangan pariwisata yang akan membunuh dirinya sendiri. Apa yang sekarang sedang terjadi adalah bagaikan menyembelih ayam yang bertelur emas.

BAB X

ENERGI DALAM EKOLOGI PEMBANGUNAN

1. PENGERTIAN ENERGI

Energi bersama dengan materi merupakan dua unsur fisik tentang segala yang ada. Semua materi mengandung energi. Materi atau massa, dapat juga berubah menjadi energi. Tak adalah *ada* tanpa adanya materi. Untuk materi ada dalam wujud yang kita kenal, misalnya tumbuhan, hewan, batu, gedung dan mobil, haruslah ada energi. Dalam wujud itu materi yang semula tersebar secara acak dalam lingkungan, tersusun dalam struktur molekul dan kristal, atau bentuk lain yang berstruktur, di dalam tubuh mahluk hidup atau benda mati. Air, misalnya, tersusun oleh dua atom H dan satu atom O yang terikat oleh sejumlah energi tertentu menjadi molekul H_2O.

Dapat pula dikatakan energi adalah konsep untuk dapat menerangkan gerak. Bergerak adalah hasil kerja. Karena itu, energi adalah barang sesuatu yang diperlukan untuk melakukan kerja. Tanpa energi kita tidak dapat melakukan kerja. Contoh tentang kerja ialah pertumbuhan, memelihara tubuh, berjalan kaki dan mengangkat barang. Demikian pula gerakan mobil oleh mesin, menyalanya lampu dan berputarnya mesin listrik adalah kerja.

Karena energi merupakan konsep, secara fisik ia tidak terlihat. Yang kelihatan ialah akibat energi itu. Misalnya, benda bergerak ialah karena ada energi yang bekerja pada benda itu. Energi itu sendiri tidak dapat kita lihat. Yang kita lihat ialah berpindahnya benda dari tempat yang satu ke tempat lain.

Energi terdapat dalam berbagai macam bentuk. Energi

cahaya terdapat dalam bentuk cahaya, misalnya cahaya matahari. Energi cahaya matahari berasal dari reaksi nuklir di matahari. Energi potensial terdapat dalam benda yang mempunyai kedudukan pada jarak tertentu di atas permukaan bumi karena benda itu mengalami tarikan gaya berat bumi. Misalnya, batu yang diangkat 10 m di atas permukaan bumi mempunyai energi potensial. Adanya energi dapat terlihat dengan mengikat batu yang terangkat itu dengan tali yang pada ujungnya yang lain diikatkan benda yang lebih ringan dari batu itu, dan tali digantungkan pada roda (Gambar 10.1.). Benda yang lebih ringan itu akan tertarik oleh batu ke atas. Batu itu telah melakukan kerja.

Air yang mengalir dan memutar turbin listrik, sebenarnya juga melakukan kerja dengan energi potensialnya. Air mengalir ke bawah itu disebabkan oleh gaya tarik bumi.

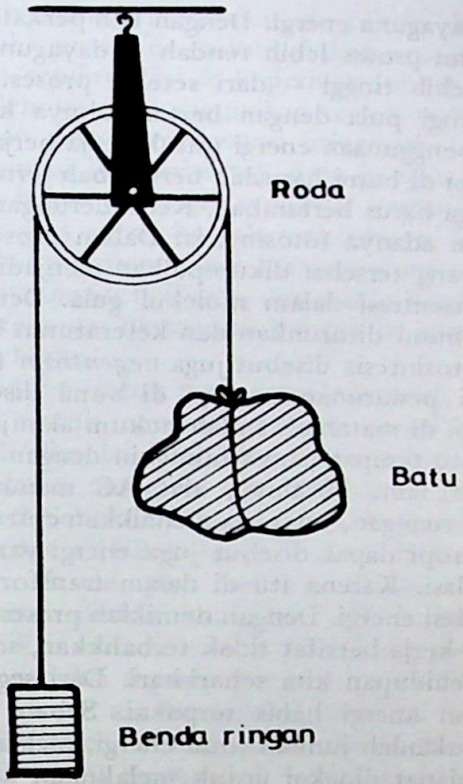
Dengan bergeraknya batu dan air ke bawah, berkuranglah energi potensialnya. Setelah batu jatuh di permukaan bumi dan air sungai sampai di laut habislah energi potensialnya.

Energi kinetik terdapat dalam benda yang bergerak. Misalnya, kereta api yang bergerak dan menabrak truk akan menyeret truk itu sampai beberapa meter. Peluru yang ditembakkan dari bedil akan bergerak dengan sangat cepat. Dengan energi kinetiknya peluru itu dapat menembus tembok.

Energi kimia terdapat dalam semua benda. Misalnya, bensin mengandung energi. Energi itu dapat terlihat waktu kita membakar bensin di dalam mesin mobil. Pembakaran itu menyebabkan mobil dapat bergerak.

Energi yang sangat umum kita jumpai ialah dalam bentuk panas, yaitu yang disebut energi panas atau energi termal. Dengan energi panas kita dapat memanaskan air menjadi uap. Uap dapat digunakan untuk memutar mesin, misalnya dalam kereta api uap.

Energi dapat diubah atau ditransformasi dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain. Tetapi jumlah energi tidak dapat berubah. Artinya, jumlah energi sebelum dan sesudah proses transformasi selalu sama. Jadi, kita tidak dapat membentuk atau memusnahkan energi. Inilah yang disebut



Gambar 10.1. Batu dan benda yang lebih ringan dari batu diikat pada dua ujung tali yang tergantung pada sebuah roda. Batu yang lebih berat menarik benda yang lebih ringan ke atas. Batu dengan energi potensialnya telah melakukan kerja.

Hukum Termodinamika I. Walaupun jumlah energi tetap, tetapi dalam proses transformasi itu sebagian energi berubah dalam bentuk yang tidak dapat digunakan untuk melakukan kerja. Karena itu walaupun jumlah totalnya tetap sama, dayaguna energi itu telah berkurang. Kita katakan setelah proses transformasi itu tingkat entropi sistem telah bertambah. Inilah yang disebut Hukum Termodinamika II, yaitu suatu proses spontan selalu diikuti dengan berkurang-

nya dayaguna energi. Dengan lain perkataan tingkat entropi sebelum proses lebih rendah — dayaguna energi dalam sistem lebih tinggi — dari setelah proses. Kenaikan entropi dibarengi pula dengan bertambahnya ketakteraturan. Karena penggunaan energi untuk kerja berjalan terus-menerus, entropi di bumi haruslah bertambah terus dan ketakteraturan juga harus bertambah. Kecenderungan ini dapat ditahan dengan adanya fotosintesis. Dalam proses ini energi matahari yang tersebar dikumpulkan menjadi energi kimia yang terkonsentrasi dalam molekul gula. Dengan proses ini entropi bumi diturunkan dan keteraturan bertambah. Karena itu fotosintesis disebut juga *negentropi* (= entropi negatif). Tetapi penurunan entropi di bumi disertai oleh naiknya entropi di matahari. Inilah hukum alam; penurunan entropi di suatu tempat hanya mungkin dengan naiknya entropi di tempat lain. Misalnya, alat AC menurunkan entropi di dalam ruangan, tetapi ia menaikkan entropi di luar ruangan.

Entropi dapat disebut juga energi yang telah mengalami degradasi. Karena itu di dalam transformasi energi terjadi degradasi energi. Dengan demikian proses penggunaan energi untuk kerja bersifat tidak terbalikkan, seperti kita lihat dalam kehidupan kita sehari-hari. Dari segi praktis dapat dikatakan energi habis terpakai. Sebab yang penting bagi kita bukanlah jumlah total energi, melainkan jumlah energi yang dapat dipakai untuk melakukan kerja. Minyak tanah habis untuk memasak, bensin habis untuk menggerakkan mobil dan tenaga kita habis untuk mengayuh sepeda.

2. PEMANFAATAN ENERGI

Kita harus terus-menerus melakukan kerja. Tubuh harus kita pelihara. Kita harus berjalan, mencangkul, mengangkat barang, memasak makanan kita dan menggerakkan mesin kita. Karena itu kita harus mendapatkan energi dengan terus-menerus dalam jumlah yang mencukupi. Manakala catu energi terganggu dan tidak mencukupi, akan menderitalah kita. Dalam jangka panjangnya kekurangan energi itu akan mengancam kelangsungan hidup kita. Karena kelangsungan hidup kita tertopang pada energi, kita selalu ber-

usaha untuk mendapatkan energi dengan cukup. Setiap sistem selalu berusaha untuk memaksimumkan arus energi ke dalam sistemnya sendiri. Untuk keperluan ini sebagian energi yang diperolehnya akan digunakan untuk mengembangkan kemampuan untuk menguasai informasi. Dalam dunia modern informasi itu berbentuk ilmu pengetahuan. Informasi ini akan bekerja sebagai sengkelit umpan balik untuk memperbesar arus energi ke dalam sistemnya. Makin besar kemampuan suatu sistem untuk menguasai informasi, makin kuat sengkelit umpan balik itu, dan makin besar arus energi ke dalam sistemnya. Bersamaan dengan itu arus materi pun akan makin besar.

Di negara barat usaha untuk menguasai informasi, yaitu ilmu dan teknologi, untuk memperbesar arus energi ke dalam sistemnya telah dimulai lebih dari 2.000 tahun yang lalu. Kincir air pertama mungkin telah dibuat di Jerman pada akhir abad ke-2 Sebelum Masehi (SM). Kapasitasnya kira-kira 0,5 tenaga kuda (HP = *horse power*). Pada akhir abad ke-1 Sebelum Masehi, para insinyur Romawi telah mampu membuat kincir dengan kapasitas 3 HP. Kemudian mereka mampu untuk membuat sebuah pabrik dengan kincir air untuk memproduksi tepung gandum untuk 80.000 penduduk. Jumlah kincir air bertambah terus di Eropa. Misalnya, di sungai Robec, sebuah anak sungai Seine di Prancis, dalam abad ke-10 terdapat 2 buah kincir air, 4 buah dalam abad ke-11 dan 10 buah dalam abad ke-13. Di salah satu bagian Inggris yang berpenduduk kira-kira 1.400.000 orang, dalam akhir abad ke-11 tercatat 5.624 kincir air, kira-kira sebuah kincir air per 50 kepala keluarga.

Energi air tidak saja didapatkan dari arus sungai, melainkan juga arus air pasang laut. Kincir air pasang telah dibuat di Prancis dalam abad ke-12.

Dalam abad ke-12 kincir angin mulai dibangun di Eropa. Dalam abad ke-13 di Ypres telah terdapat 120 kincir angin.

Perkembangan pemanfaatan energi di Eropa yang telah dimulai sangat awal, menimbulkan pertanyaan mengapa di Indonesia tidak terjadi perkembangan yang serupa. Curah hujan di Indonesia tinggi dan topografinya bergunung, se-



Gambar 10.2. Kincir air penumbuk padi yang amat sederhana. Potensi energi air kita amat besar. Tetapi pemanfaatannya baru berkembang akhir-akhir ini saja. *Foto: Otto Soemarwoto*

hingga potensi energi air sangatlah besar. Tetapi yang berkembang hanyalah kincir air kecil-kecil saja (Gambar 10.2.). Jumlahnya pun sangat sedikit. Ya, mengapa? Pertanyaan itu perlu benar kita renungkan. Jawaban atas pertanyaan itu akan juga memberikan petunjuk kepada kita, mengapa kita lebih berminat untuk menikmati hasil teknologi dan kurang untuk menguasai teknologinya itu sendiri. Hal ini nampak dari gejala, kita dengan sangat cepat menggunakan hasil teknologi modern, misalnya kaset, video dan televisi, tetapi sangat lamban untuk berusaha menguasai teknologi pembuatannya. Paling-paling kita merakitnya. Bahkan untuk barang yang tidak memerlukan teknologi tinggi dan digunakan oleh banyak orang, misalnya sepeda dan kompor minyak tanah yang bermutu tinggi, teknologinya tidak kita kuasai. Kompor minyak yang bermutu tinggi kita impor dari Jepang.

Energi yang kita perlukan dapat dibagi dalam dua golongan besar. Pertama, energi yang dipakai untuk dan di dalam tubuh kita sendiri. Energi ini terdapat di dalam makanan yang kita makan sehari-hari. Makanan tersebut kita "bakar" di dalam tubuh kita dalam proses yang disebut metabolisme. Pembakaran itu tidak terjadi dengan api, melainkan melalui proses kimia yang kompleks. Dalam pembakaran itu terbentuklah molekul ATP. Energi kimia dalam molekul ATP inilah yang dapat dipakai untuk melakukan kerja, misalnya mengunyah makanan dan mengangkat barang. Karena pembakaran itu terjadi di dalam tubuh, pembakaran itu disebut *metabolisme intern.*

Kedua, ialah energi yang kita gunakan di luar tubuh kita, misalnya hewan dan mesin. Kerja yang kita lakukan dengan menggunakan energi hewan, terjadi melalui proses pembakaran makanan hewan di dalam tubuh hewan. Proses pembakaran ini serupa dengan proses yang terjadi di dalam tubuh manusia. Kerja dengan menggunakan energi mesin, kita lakukan dengan membakar bahan bakar di dalam mesin, atau dengan energi listrik yang memutar mesin. Pembakaran bahan bakar di dalam mesin, misalnya kayu dan BBM, benar-benar terjadi dengan api. Karena penggunaan energi hewan dan mesin terjadi dengan pembakaran di luar tubuh kita, pembakaran itu disebut *metabolisme ekstern.*

Energi metabolisme intern memberikan kepada kita tenaga otot. Dayaguna otot untuk melakukan kerja terbatas. Waktu yang diperlukan untuk melakukan kerja pun lama. Kerja yang berat dan waktu kerja yang lama dengan otot membuat kerja itu menjadi tidak manusiawi. Peranan metabolisme ekstern adalah untuk memperingan, bahkan sedapat mungkin untuk menghapus, kerja yang tidak manusiawi itu. Tetapi ini tidak berarti, metabolisme ekstern ditujukan untuk menghapus semua kerja otot. Sebab kerja otot yang manusiawi adalah sehat, kreatif dan rekreatif.

Untuk dapat memanfaatkan metabolisme ekstern, orang harus mampu mengembangkan pemikiran. Berpikir adalah kerja dengan menggunakan energi dari metabolisme intern. Inilah fungsi metabolisme intern yang sangat utama yang

harus kita kembangkan. Pikiran dapatlah disebut energi yang berkualitas tinggi. Dengan makin tinggi perkembangan kemampuan kita untuk berpikir, makin tinggi pula kemampuan kita untuk memanfaatkan metabolisme ekstern.

Perbedaan tingkat metabolisme intern antara kelompok manusia yang satu dengan yang lain tidak banyak berbeda. Konsumsi energi yang tertinggi kira-kira 1,5 sampai 2 kali terendah. Tetapi tingkat metabolisme ekstern kelompok manusia di negara yang telah maju 50 kali atau lebih di negara yang sedang berkembang, termasuk di Indonesia.

3. PERANAN ENERGI DALAM PEMBANGUNAN

Untuk melaksanakan pembangunan, kita harus melakukan kerja. Dengan demikian untuk pembangunan kita perlukan energi. Oleh karena itu jelaslah agar pembangunan dapat terdukung terus catu energi harus dapat terjamin. Pembangunan ingin kita tingkatkan terus. Peningkatan pembangunan harus disertai oleh peningkatan pemanfaatan teknologi. Karena pemanfaatan teknologi memerlukan energi, catu energi juga harus ditingkatkan sejajar dengan peningkatan pembangunan. Agar catu energi yang meningkat dapat bermanfaat, kemampuan konsumsi energi kita harus ditingkatkan. Konsumsi energi dapat dibagi dalam dua golongan besar, yaitu konsumsi energi untuk keperluan rumah tangga dan konsumsi energi untuk produksi atau komersial. Dalam pembangunan terutama konsumsi energi komersiallah yang harus kita tingkatkan.

Kemampuan konsumsi energi sangat tergantung pada tingkat teknologi suatu bangsa. Makin tinggi tingkat teknologinya, makin tinggi pula kemampuan konsumsi energinya. Untuk mengembangkan teknologi diperlukan ilmu pengetahuan. Karena itu agar kita dapat terlepas dari ketergantungan kita pada luar negeri dalam hal teknologi, kita harus mengembangkan ilmu pengetahuan. Untuk pengembangan ilmu pengetahuan diperlukan kemampuan berpikir yang tergantung pada mutu makanan kita. Dengan demikian dalam pembangunan catu makanan dalam jumlah dan kualitas yang memadai adalah esensial.

Peranan utama energi dalam pembangunan ialah untuk menaikkan dayadukung lingkungan. Artinya, dengan energi itu lingkungan akan mampu untuk mendukung kepadatan penduduk yang makin tinggi. Kenaikan dayadukung lingkungan itu terjadi melalui, pertama, peningkatan produktivitas pertanian dan kedua, penciptaan lapangan pekerjaan baru.

Kenaikan produktivitas pertanian terjadi dengan masukan energi yang lebih tinggi dalam bentuk varietas unggul, pengairan, pupuk, pestisida dan pengolahan tanah. Masukan energi itu disebut subsidi energi. Dengan subsidi energi itu laju fotosintesis ditingkatkan. Bersamaan dengan itu hasil fotosintesis yang tersalurkan pada bagian tanaman yang berguna, misalnya buah, diperbesar. Suatu contoh ialah pada padi unggul. Pada padi unggul daun tidak saling menaungi sehingga fotosintesis tidak terganggu. Nisbah buah terhadap jerami lebih tinggi pada padi unggul daripada jenis lokal. Hal ini terlihat pada bentuk tanaman padi unggul yang pendek dengan hasil yang tinggi. Tambahan lagi subsidi energi, khususnya pestisida, menekan hasil fotosintesis yang termakan oleh hama. Pengolahan gabah menjadi beras dengan huller, yang merupakan juga subsidi energi, menaikkan pula hasil beras dibanding dengan ditumbuk.

Seperti telah disebut di muka fungsi subsidi energi adalah pula untuk membebaskan kita dari pekerjaan otot yang tidak manusiawi. Dalam usaha itu harus dijaga agar subsidi energi tidak menyebabkan pengangguran. Sebaliknyalah yang harus kita usahakan, yaitu subsidi energi itu harus menciptakan lapangan pekerjaan baru. Dalam banyak hal ini belum terjadi. Huller, misalnya, merampas pekerjaan wanita penumbuk padi, traktor menghilangkan lapangan pekerjaan buruh tani dan kendaraan kol membuat pemikul dan tukang becak menjadi penganggur. Apabila tidak diatur dengan baik, mesin akan bersaing dengan manusia. Dalam persaingan itu manusialah yang kalah. Mesin yang seharusnya menjadi kawan, lalu menjadi lawan. Yang lemah makin terdesak. Kesejahteraannya menurun. Di

desa tekanan penduduk terhadap lahan makin meningkat. Petani yang lemah terdesak ke lahan yang marjinal. Kerusakan hutan juga bertambah. Bahaya erosi dan banjir makin besar. Arus urbanisasi juga bertambah. Pemukiman liar bertambah, dan sanitasi kota menurun. Kriminalitas meningkat.

Sebaliknya yang kuat makin memperbesar sengkelit umpan baliknya untuk memperbesar arus energi ke dalam sistemnya. Dengan ini arus materi ke dalam sistemnya juga meningkat. Akibatnya kesenjangan antara yang kaya dan miskin makin melebar. Maksimalisasi arus energi cenderung mendorong orang untuk menggunakan energi secara tidak rasional. Pola hidup yang mewah terpacu dan konsumsi energi yang non-produktif meningkat. Terjadilah pemborosan energi. Keresahan sosial pun meningkat.

Kita lihat kaitan yang erat antara manfaat dan risiko lingkungan. Pada satu pihak energi mempertinggi manfaat lingkungan (M), yaitu peningkatan produktivitas sumberdaya lahan dan manusia. Pada lain pihak memperbesar risiko lingkungan (R), yaitu erosi dan banjir, serta kesenjangan yang makin lebar antara yang kaya dan miskin. Karena itu penggunaan subsidi energi harus sedini mungkin disertai oleh rencana pengelolaan manfaat dan risiko lingkungan untuk mencapai nisbah M/R yang sebesar-besarnya.

Dalam kondisi tingkat pendidikan yang rendah, tidak ada ketrampilan dan kelangkaan modal, penggunaan energi untuk menciptakan lapangan pekerjaan tidaklah mudah. Karena itu pemasukan subsidi energi harus disertai dengan pendidikan dan latihan, serta kemudahan untuk mendapatkan modal agar golongan yang lemah dapat juga memanfaatkannya. Pendidikan serta latihan tidak hanya mencakup ketrampilan teknis, melainkan pula pengelolaan usaha dan pemasaran hasil. Dengan usaha ini subsidi energi, di samping mempertinggi produktivitas lahan, akan dapat pula menaikkan nilai tambah hasil yang dapat dinikmati oleh golongan lemah. Proses menaikkan nilai tambah juga akan menciptakan lapangan pekerjaan baru. Dengan demikian subsidi energi akan memperbesar kemampuan lahan un-

tuk menghidupi lebih banyak keluarga. Dengan lain perkataan subsidi energi telah meningkatkan dayadukung lingkungan.

Karena luas lahan pertanian terbatas, sedang jumlah penduduk petani besar, usaha di atas belumlah cukup. Subsidi energi haruslah pula digunakan untuk menciptakan lapangan pekerjaan di sektor non-pertanian. Dengan ini landasan kehidupan orang sebagian dipindahkan dari energi fotosintesis yang dihasilkan dalam pertanian ke energi non-fotosintesis, yaitu BBM dan listrik. Fotosintesis menggunakan energi matahari yang tersebar. Efisiensinya rendah. Karena itu untuk hidup yang layak dari pertanian diperlukan lahan yang luas. Sebaliknya BBM dan listrik adalah padat energi, sehingga dengan subsidi energi itu daerah dapat mendukung kepadatan penduduk yang tinggi pada tingkat kehidupan yang layak. Inipun berarti kenaikan dayadukung lingkungan yang ditopang oleh subsidi energi, serta ketrampilan dan kepandaian orang.

Dengan kenaikan dayadukung lingkungan, tekanan penduduk terhadap lahan berkurang. Petani tertarik ke lapangan pekerjaan yang baru dan daerah pertanian yang marjinal dapat terbebaskan dari para petani. Di bawah kondisi tanah dan iklim di Indonesia, daerah yang tak terganggu itu secara spontan dapat ditumbuhi lagi oleh hutan, sekalipun tanpa reboasasi. Dengan ini risiko erosi, banjir dan kekeringan berkurang.

Dengan terciptanya lapangan pekerjaan untuk hidup yang layak di daerah pedesaan, arus urbanisasi juga akan menurun. Masalah akibat urbanisasi lalu akan berkurang.

Uraian di atas menunjukkan peranan energi dalam pembangunan ialah untuk menaikkan dayadukung lingkungan dengan menaikkan produktivitas dan dengan menciptakan lapangan pekerjaan untuk hidup yang layak, juga bagi golongan lemah. Dengan ini tingkat hidup dan kesejahteraan rakyat naik, manfaat pembangunan dapat lebih merata, keresahan sosial menurun dan kerusakan lingkungan dapat tertanggulangi. Dengan itu terciptalah kondisi lingkungan

yang memungkinkan pembangunan yang terdukung terlanjutkan.

4. PERMASALAHAN ENERGI

Di negara yang sedang berkembang sumber energi sebagian besar adalah tenaga manusia dan biomas, yaitu bahan organik tumbuhan, seperti kayu, ranting dan daun, dan bahan organik hewan, seperti kotoran hewan. Energi itu terutama digunakan untuk keperluan domestik, misalnya memasak dan memanaskan ruangan rumah. Penggunaan tenaga manusia untuk kerja sering bersifat tidak manusiawi. Konsumsi energi biomas menimbulkan masalah kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh kerusakan hutan dan jenis vegetasi lainnya.

Di negara yang telah maju sumber energi sebagian besar berupa bahan bakar fosil, ditambah energi listrik dari PLTA dan PLTN. Energi biomas hampir-hampir tidak digunakan. Masalah yang dihadapi ialah bahan bakar fosil merupakan energi yang takterbarukan dan lambat atau cepat akan habis. Sejak tahun 1973 harganya pun terus meningkat. Walaupun pada waktu akhir-akhir ini ada kecenderungan harga BBM turun, namun dapat dipastikan masa BBM murah, seperti sebelum tahun 1973, tidak akan kembali lagi.

Energi listrik dari PLTA dan PLTN mempunyai keterbatasan pula.

Dengan adanya masalah keterbatasan sumber energi, orang berusaha dengan keras untuk menghemat energi. Penghematan itu dapat dilakukan dengan mengurangi penggunaan energi dan secara relatif dengan menaikkan efisiensi penggunaan energi. Oleh karena penggunaan yang terbesar adalah dari BBM, sedangkan sumber BBM jelas terbatas, orang juga berusaha untuk mengganti BBM dengan jenis energi lain. Energi lain itu secara umum disebut energi alternatif.

4.1. Penghematan energi

Kita dapat menghemat energi dengan mengurangi penggu-

naan energi yang kita perlukan. Di rumah, lampu di kamar makan, dapur dan kamar mandi tidak perlu menyala terus-menerus. Kita juga dapat membiasakan diri untuk tidur di kamar yang gelap atau setengah gelap. Jika kita membiasakan diri agar orang yang terakhir meninggalkan ruangan kerja atau rapat untuk memadamkan lampu, banyak energi akan dihemat. Energi untuk transpor banyak pula yang dapat dihemat, misalnya dengan berjalan kaki ke mesjid, toko, apotek atau tempat lain yang jaraknya tidak jauh dari rumah.

AC adalah contoh lain. Energi yang digunakan untuk AC adalah besar. AC tidak diperlukan di semua tempat. Di daerah yang agak tinggi di atas permukaan laut, AC tidak diperlukan, kecuali untuk ruangan alat dan penyimpanan bahan yang peka terhadap suhu dan kelembaban. Apalagi apabila arsitektur ruangan memungkinkan adanya ventilasi yang baik.

Orang Indonesia dilahirkan dan dibesarkan di daerah tropis. Secara fisiologis dan kultural kita telah mengadaptasikan diri dengan kondisi tropis itu. Tubuh kita langsing dan tidak mengandung banyak lapisan lemak. Dengan demikian pengeluaran panas dari tubuh kita dapat berjalan dengan baik. Rumah di pedesaan banyak yang terbuat dari bambu. Dinding bambu, bentuknya yang tinggi dan naungan oleh pohon-pohonan membuatnya rumah itu sejuk. Sangatlah menarik hasil penelitian yang menunjukkan orang desa tidak mengeluh tentang kepanasan, juga di daerah dataran rendah. Tetapi mereka mengeluh kedinginan, waktu suhu udara turun. Jadi mereka lebih peka terhadap suhu dingin daripada terhadap suhu tinggi. Hasil penelitian ini dapat menerangkan mengapa banyak orang kedinginan dan masuk angin dalam ruangan yang ber-AC. Apabila hasil penelitian ini lebih diperhatikan di dalam pembangunan, banyak energi akan dapat dihemat. Misalnya, kita menganggap bambu sebagai bahan bangunan yang rendah mutunya dan lebih menyukai rumah tembok. Untuk pembuatan tembok diperlukan batu bata dan semen yang memerlukan banyak energi, sedangkan pohon bambu membuat batang bambu-

nya dengan energi matahari. Kiranya prioritas perlu diberikan pada penelitian pembuatan rumah bambu dan kayu yang baik, sehat, kuat dan murah. Perlu pula penelitian arsitektur dan pembuatan rumah yang sejuk waktu siang dan hangat waktu malam.

4.2. Menaikkan efisiensi energi

Yang dimaksud dengan menaikkan efisiensi penggunaan energi ialah mencapai tujuan atau hasil yang sama dengan jumlah energi yang lebih sedikit. Dengan kenaikan efisiensi itu energi. juga akan dihemat. Semula disangka terdapat hubungan proporsional antara konsumsi energi komersial dengan pertumbuhan ekonomi. Tetapi krisis energi mendorong orang untuk menaikkan efisiensi penggunaan energi. Dengan dorongan ini, di beberapa negara laju pertumbuhan ekonomi lebih cepat daripada laju konsumsi energi komersial. Misalnya di Jepang, setelah krisis energi laju pertumbuhan ekonomi lebih besar daripada laju konsumsi energi komersialnya.

Secara ilmiah efisiensi energi itu dapat dihitung dengan Analisis Efisiensi Energi (AEE) yang didasarkan pada hukum termodinamika. Efisiensi pekerjaan mesin dalam pabrik, transpor, transformasi listrik ke dalam cahaya, membajak, berjalan kaki dan menulis dapat dihitung. Secara populer kita juga dapat melakukan AEE, walaupun hasilnya tidak tepat, melainkan merupakan perkiraan saja. Tetapi perkiraan itu dapat menjadi petunjuk tentang apa yang sebaiknya kita lakukan.

Ambil contoh dalam transpor. Makin besar dan berat sebuah kendaraan, makin banyak energi yang diperlukan untuk menggerakkan kendaraan itu. Misalnya, pemakaian bensin mobil Mercedes per kilometernya lebih besar daripada mobil Charade yang kecil. Jadi, seorang yang pergi ke kantor dengan mobil Charade menggunakan BBM secara lebih efisien daripada rekannya yang menggunakan sebuah Mercedes. Berjalan dan bersepeda lebih hemat lagi energinya, sedangkan kapal terbang jauh lebih boros. Efisiensi juga ditentukan oleh banyaknya penumpang yang di-

angkut, yaitu banyaknya BBM yang dipakai per kilometer per penumpang. Bis, walaupun besar dan menggunakan banyak BBM per kilometer, mempunyai efisiensi energi yang tinggi, karena mengangkut banyak penumpang. Nilai liter BBM per kilometer per penumpangnya rendah. Hal yang serupa ialah kereta api dan kapal. Secara umum dapat dikatakan transpor dengan kendaraan umum, kecuali taksi dan kapal terbang, lebih efisien dalam penggunaan energi daripada dengan kendaraan pribadi. Efisiensi kendaraan pribadi dan taksi dapat dinaikkan dengan menaikkan jumlah penumpang.

Dari keterangan umum itu kita dapat memperkirakan dari segi energi, prioritas pengembangan transpor seyogyanya diletakkan pada transpor umum kereta api, bis, dan kapal. Pengembangan transpor umum itu perlu dipacu, sehingga dapat didapatkan kereta api, bis dan kapal yang cepat, aman dan nyaman. Frekuensinya perlu dipertinggi dengan jadwal waktu yang dapat dipercaya. Jaring-jaringnya juga perlu lebih padat, dengan sambungan dan interkoneksi yang mudah. Jika kita dapat mengembangkan transpor dengan jaring-jaring yang padat, frekuensi yang tinggi, jadwal waktu yang dapat dipercaya, cepat, aman dan nyaman, niscayalah orang akan tertarik untuk menggunakan jasa angkutan umum itu.

Kereta api dapat juga membantu mengurangi kepadatan jalan raya. Misalnya, sebuah rangkaian kereta api yang terdiri atas lima buah gerbong dapat mengangkut paling sedikit 300 orang. Ini sama dengan kira-kira 25 buah mobil kol, masing-masing dengan 12 orang penumpang. Dengan berkurangnya kepadatan jalan raya, lalu lintas dapat lebih aman dan lebih lancar, serta kebutuhan untuk memperluas atau membuat jalan baru akan dikurangi. Perluasan dan pembuatan jalan baru mengurangi luas lahan untuk pertanian dan untuk keperluan lain. Dengan berkurangnya lahan pertanian di daerah yang padat penduduknya, seperti Jawa, tekanan penduduk terhadap lahan bertambah. Efek selanjutnya ialah terjadinya kerusakan hutan, erosi dan kerusakan tata-air. Jalan juga membuat permukaan menjadi

kedap terhadap air hujan. Akibatnya pembuatan jalan baru dan perluasan jalan memperbesar risiko banjir. Misalnya, sebuah jalan baru yang panjangnya 50 km dan lebarnya 15 m di daerah pedesaan. Di daerah pedesaan peresapan air ke dalam tanah baik. Setelah ada jalan permukaan tanah menjadi kedap air. Jika terjadi hujan sebanyak 50 mm, air yang jatuh di atas permukaan jalan itu ialah sebanyak 37.500 m^3. Ini sama dengan isi 7.500 mobil tangki yang masing-masing berkapasitas 5.000 l. Air sebanyak itu akan mengalir di atas permukaan dan memperbesar risiko banjir. Karena tidak meresap ke dalam tanah, persediaan air tanah tidak terisi kembali. Hal ini memperbesar risiko kekurangan air dalam musim kemarau.

Penghematan energi dengan menaikkan efisiensi penggunaannya juga akan mengurangi masalah pencemaran. Karena itu usaha menaikkan efisiensi penggunaan energi perlu benar kita perhatikan, antara lain dengan memberikan insentif untuk penggunaan energi yang efisien dan disinsentif untuk penggunaan energi yang boros.

5. PENGANEKAAN SUMBER ENERGI

Penganekaan sumber energi bertujuan untuk mengurangi sumberdaya energi yang sekarang sangat banyak digunakan, yaitu BBM, dengan menambah penggunaan sumberdaya energi yang lain. Kecuali itu juga diusahakan agar jenis sumber energi yang digunakan sesuai dengan jenis pemakaian. Dengan demikian kita akan menggunakan lebih banyak jenis sumber energi, dengan efisiensi pemakaian yang setinggi-tingginya. Karena banyak sumber energi masih terabaikan, penganekaan sumber energi dapat membantu memecahkan masalah kelangkaan sumber energi. Misalnya, sampah mengandung energi dan karena itu ia merupakan sumber energi. Tetapi energi sampah belumlah kita manfaatkan.

Sumber daya energi dapatlah dibagi dalam:

1. Sumberdaya energi hayati
2. Sumberdaya energi surya
3. Sumberdaya energi air

4. Sumberdaya energi laut
5. Sumberdaya energi angin
6. Sumberdaya energi nuklir
7. Sumberdaya energi bahan fosil
8. Sumberdaya energi panas bumi.

5.1. Sumberdaya energi hayati

Dasar sumberdaya energi hayati adalah fotosintesis. Jadi energi itu merupakan energi matahari yang telah ditransformasi menjadi energi kimia oleh tumbuhan hijau. Energi itu dapat kita manfaatkan langsung dari tumbuhan hijau, atau setelah ditransformasi lebih lanjut menjadi energi manusia dan hewan.

a. Energi manusia

Energi manusia merupakan bagian yang sangat penting dalam sistem energi kita. Energi otot masih banyak sekali kita gunakan, baik untuk maksud produksi maupun untuk maksud lain, misalnya di dalam rumah tangga, kantor dan pabrik. Penggunaan energi otot sebagian bersifat manusiawi, dan bahkan merupakan rekreasi. Misalnya, olah raga dan berkebun di halaman rumah. Banyak pula yang sifatnya kreatif. Misalnya, melukis dan memahat. Berpikir menggunakan pula energi manusia. Berpikir menjadi landasan utama kebudayaan manusia. Tetapi banyak pula penggunaan energi yang bersifat tidak manusiawi. Orang semacam budak belian saja. Misalnya, masih banyak orang yang harus hidup dari memikul atau menggendong barang berat sampai berkilometer jauhnya. Yang melakukan itu tidak hanya laki-laki dewasa, melainkan juga wanita dan anak-anak (Gambar 10.3.). Ada pula yang harus mengayuh becak sehari penuh atau semalam suntuk, ada yang mendorong gerobak yang penuh barang. Cara ini harus kita kurangi, bahkan harus kita hilangkan.

Dengan makin majunya teknologi, terdapat kecenderungan makin menurunnya penggunaan energi manusia. Namun kemampuan manusia untuk berpikir akan tetap memegang peranan utama dalam perkembangan kebudayaan manusia.



Gambar 10.3. Wanita pengangkut air. Kerja berat dengan tenaga manusia masih banyak terjadi. Energi diperlukan untuk menghapus siksaan pekerjaan yang berat dan tidak manusiawi. *Foto: Otto Soemarwoto*

Walaupun komputer dapat "berpikir", namun komputer hanya ada karena diciptakan oleh manusia dan kemampuan "berpikir" komputer dibatasi oleh program yang dibuat manusia.

b. Energi Hewan.

Di kota kecil dan desa energi hewan masih memegang peranan penting. Penggunaan utamanya ialah untuk transpor dan pertanian. Hewan yang digunakan untuk transpor ialah kuda, sapi dan kerbau, dan untuk pertanian sapi dan kerbau. Ada kecenderungan makin berkurangnya penggu-

naan energi hewan, terutama di dalam transpor, karena terdesak oleh mesin. Sebab utamanya ialah keterbatasan kekuatan hewan, kecepatan yang rendah dan kesulitan mendapatkan makanan hewan. Misalnya, orang lebih suka bepergian naik kol daripada naik delman dan lebih suka mengangkut barang dengan truk daripada dengan gerobak. Di pertanian, sapi dan kerbau juga mulai terdesak oleh traktor.

Dengan bertambahnya penduduk, kebutuhan akan pangan dan tempat pemukiman juga meningkat. Padang penggembalaan di desa dan jalur hijau di kota makin berkurang, sehingga makanan hewan makin berkurang. Rumput yang tersedia sebagian besar hanyalah berasal dari galengan sawah, dan tepi selokan dan sungai.

Keuntungan hewan ialah hewan merupakan sumberdaya terperbarui, karena dapat beranak, sedangkan BBM tidak terperbarui. Kotoran hewan dapat digunakan sebagai kompos untuk memupuk tanaman atau untuk membuat biogas yang berguna sebagai bahan bakar. Kompos mengandung unsur hara yang sangat diperlukan oleh tumbuhan, terutama nitrogen. Kecuali kandungan unsur haranya, kompos juga berguna karena dapat memperbaiki struktur tanah. Penggunaan kompos akan mengurangi penggunaan pupuk buatan, misalnya urea. Pengurangan penggunaan pupuk buatan juga akan mengurangi penggunaan energi.

Biogas sebagian besar terdiri atas gas metan yang dapat dibakar. Ia merupakan hasil fermentasi bakteri metan di dalam kondisi anaerobik. Secara teknis pembuatan biogas tidak merupakan masalah. Misalnya, RRC dan India telah membuat banyak sekali alat pencerna biogas di desa dengan menggunakan kotoran ternak sebagai bahan bakunya. Yang masih harus dihadapi ialah masalah sosial-ekonomi, antara lain, untuk keluarga yang terdiri atas 5 orang diperlukan 4–5 ekor sapi untuk dapat mencukupi kotoran sapi sebagai bahan bakar biogas. Di Indonesia tidak banyak orang mempunyai sekian banyak sapi. Alat pencerna biogas juga masih mahal. Untuk membuatnya diperlukan paling sedikit beberapa puluh ribu rupiah, apabila tenaga tidak dihitung dan digunakan material lokal yang sederhana. Mutu pencerna

biogas demikian tidak tinggi dan memerlukan perawatan yang baik. Karena itu harus ada modal yang tersedia dalam bentuk tenaga, material, waktu dan juga uang. Mengingat hal itu, tanpa subsidi, penyuluhan, latihan dan pengawasan Pemerintah, biogas kemungkinan besar tidak dapat menjadi sumber energi yang berarti. Subsidi dan pengeluaran lain oleh Pemerintah sebenarnya dapat diperhitungkan dengan membandingkannya dengan subsidi yang harus dikeluarkan untuk minyak tanah dan pupuk. Tetapi nampaknya keuntungan yang diperoleh dari penggunaan energi hewan dalam bentuk sifat terbarui, kompos dan biogas, tidak dapat mengimbangi kendala yang dihadapi oleh pemanfaatan energi ini. Peranan energi hewan dalam sistem total energi diperkirakan akan makin menurun.

c. Biomas

Termasuk dalam biomas ialah semua bahan organik tumbuhan, seperti kayu, ranting, dan daun serta pati, gula dan getah susu yang terdapat dalam tubuh tumbuhan. Gambut adalah pula biomas yang umurnya telah tua.

Biomas, terutama kayu, adalah sumber energi yang telah digunakan oleh manusia sejak beribu tahun yang lalu. Di negara yang sedang berkembang, terutama di pedesaan, ia merupakan sumber energi yang terpenting. Penggunaan BBM di daerah pedesaan sangatlah sedikit. Makin jauh dari kota, konsumsi BBM makin rendah dan konsumsi biomas makin tinggi. Di desa, biomas digunakan untuk memasak. Di daerah pegunungan ia digunakan juga untuk memanaskan diri atau ruangan tempat hidup. Panas dan asap untuk memasak dan untuk memanaskan ruangan digunakan juga untuk mengeringkan dan mengawetkan hasil pertanian dengan membuat para di atas dapur. Bahkan asap, yang kita anggap mengganggu, mempunyai pula fungsi menghalau nyamuk. Fungsi ganda api di daerah pedesaan, yaitu untuk memasak, memanaskan, mengeringkan dan mengawetkan, perlu diperhatikan dalam usaha memperbaiki penggunaan energi di daerah pedesaan. Misalnya, di daerah pegunungan usaha menaikkan efisiensi penggunaan

energi untuk memasak, haruslah tetap memberikan peluang agar api dapat memanaskan ruangan dan mengeringkan serta mengawetkan jagung. Apabila fungsi ganda itu tidak diperhatikan, orang desa akan menganggapnya bukan sebagai kenaikan efisiensi, melainkan justru penurunan efisiensi. Sebab ruangan tempat tinggalnya menjadi dingin dan jagungnya menjadi busuk atau dimakan serangga. Karena itu ukuran efisiensi seharusnya tidak dibuat oleh kita, melainkan harus didasarkan pada manfaat yang ingin didapat oleh orang desa.

Di daerah yang ekonomi pasarnya telah berkembang, energi biomas tidak saja digunakan untuk konsumsi rumah tangga, melainkan juga mempunyai fungsi komersial. Beberapa contoh fungsi komersial ialah sebagai berikut.

Di beberapa daerah hasil pertanian tertentu merupakan barang dagangan. Di Dieng, Jawa Tengah, tembakau dikeringkan dengan api. Gula kelapa di daerah Banyumas di Jawa Tengah dan Ciamis Selatan di Jawa Barat, dan gula tebu di Sumatera Barat di masak di rumah-rumah dan dijual di pasar. Sebagian ikan diperdagangkan dalam bentuk ikan yang diasap, dipindang atau dipepes.

Di banyak daerah kerajinan pandai besi telah berkembang. Energi untuk pandai besi berasal dari kayu yang diolah menjadi arang. Arang juga merupakan barang dagangan yang dijual ke kota, bahkan diekspor ke luar negeri. Pabrik kapur juga merupakan konsumen kayu bakar yang besar (Gambar 10.4.).

Di kota, biomas juga masih digunakan sebagai bahan bakar. Di keluarga yang tidak mampu, biomas itu berupa kayu dan ranting yang mati dari pohon-pohon dan kayu bekas yang berasal dari peti, pembangunan gedung dan pembongkaran bangunan yang rusak. Kayu bakar juga masih digunakan. Biasanya berasal dari daerah pedesaan atau hutan di sekitarnya. Di keluarga yang mampu arang digunakan untuk memasak dan menyetrika. Pada umumnya penggunaan biomas di kota menunjukkan gejala menurun dan diganti oleh minyak tanah. Di kalangan yang mampu, energi hampir seluruhnya dari gas dan listrik.



Gambar 10.4. Kayu bakar untuk pembakaran kapur. Kayu bakar masih banyak digunakan sebagai bahan bakar komersial.
Foto: Otto Soemarwoto

Gambut belum dimanfaatkan sebagai energi di Indonesia. Tetapi negara lain sudah banyak yang melakukannya. Misalnya, Nederland selama berabad telah memanfaatkan gambut sebagai bahan bakar, yaitu yang mereka sebut *turf*. Tetapi akhir-akhir ini gambut terdesak oleh BBM dan gas. Cara pemanfaatan gambut untuk bahan bakar sangat sederhana. Gambut itu digali dan diiris dalam lempeng berukuran kira-kira sebesar lempeng kayu pakis yang dipakai untuk menanam anggrek. Karena di Indonesia tanah gambut sangat luas, antara lain di Sumatera dan Kalimantan, potensi gambut sebagai sumberdaya energi adalah besar.

Masalah yang kita hadapi dengan biomas tumbuhan hidup sebagai sumber energi ialah tidak adanya pertanaman yang khusus untuk menghasilkan biomas sebagai bahan bakar. Kalaupun ada, luasnya hanyalah kecil. Biomas umumnya

berasal dari batang, dahan, ranting dan daun-daunan yang mati yang dikumpulkan dari pekarangan, tegalan, pinggir sungai dan hutan. Apa saja yang dapat dibakar dikumpulkan, termasuk sisa tumbuhan yang telah dipanen. Misalnya, batang jagung dan batang singkong. Bahan bakar yang digunakan untuk keperluan rumah tangga biasanya dikumpulkan oleh anak-anak dan wanita. Bahan bakar yang akan dijual biasanya dikumpulkan oleh laki-laki, karena kayu berukuran besar dan harus dipotong dan dibelah dengan kampak. Kayu yang besar ini banyak yang diambil dari hutan secara illegal.

Di Jawa kira-kira 60–70% kebutuhan kayu bakar dapat dipenuhi dari pekarangan dan kebun. Sisanya berasal dari tegalan dan hutan. Orang dari golongan miskin yang tidak berlahan menggunakan lebih banyak kayu dari hutan daripada orang yang mampu dan mempunyai lahan. Bahan bakar kayu yang bersifat komersial umumnya diambil dari hutan. Misalnya, untuk pandai besi dan arang. Hal ini menyebabkan banyak kerusakan hutan, antara lain hutan bakau yang kayunya sangat baik untuk pembuatan arang.

Untuk mengatasi masalah kerusakan lingkungan oleh penggunaan biomas sebagai bahan bakar dapat ditempuh dua jalan. Pertama, lebih banyak menggunakan biomas yang sekarang belum terpakai. Misalnya, Prof. Johannes dari Universitas Gadjah Mada telah banyak melakukan penelitian untuk membuat arang dari daun-daunan. Seperti daun sampah di pekarangan dan daun alang-alang. Arang yang terbentuk dapat dicetak menjadi briket.

Biomas eceng gondok dapat juga digunakan sebagai sumber energi. Karena pertumbuhan eceng gondok amat cepat, ia dapat menambat energi matahari dengan cepat pula. Energi itu dapat dibebaskan dalam bentuk biogas melalui proses fermentasi. Cara ini mempunyai efek ganda, yaitu mendapatkan manfaat dari eceng gondok dan pemanfaatan itu sekaligus merupakan sarana untuk mengendalikan eceng gondok.

Sampah kota dapat juga digunakan sebagai sumber energi, misalnya melalui proses pirolisis. Ada juga yang mengguna-

kannya dengan langsung dibakar, misalnya untuk membangkitkan listrik. Limbah domestik yang cair dan limbah industri pertanian yang mengandung banyak bahan organik, misalnya limbah pabrik minyak kelapa sawit, dapat difermentasi menjadi biogas.

Dari biomas yang mengandung banyak pati dapat dibuat alkohol. Misalnya, singkong, ubi jalar, dan sagu. Alkohol dapat juga dibuat dari gula, misalnya gula tebu dan gula nipah. Alkohol merupakan bahan bakar yang baik. Dicampur dengan bensin ia dapat digunakan untuk bahan bakar mobil, sehingga dapat mengurangi konsumsi BBM. Hutan nipah sangat luas di Indonesia. Hutan ini sama sekali belum dimanfaatkan. Cara pemanfaatannya dengan memotong tangkai bunga dan menampung cairan yang keluar dari tangkai itu. Cairan yang ditampung difermentasi menjadi alkohol. Hutan sagu juga amat luas di Indonesia. Baru sebagian kecil yang dimanfaatkan untuk menghasilkan sagu sebagai bahan makanan. Dengan demikian potensi energi yang terkandung di dalam hutan nipah dan sagu sangatlah besar. Tetapi teknologi untuk eksploatasi secara besar-besaran belumlah dikembangkan benar. Misalnya, cara panen yang dapat menjamin hasil yang terlanjutkan.

Masalah lain yang harus dijaga ialah agar fermentasi alkohol untuk energi tidak menimbulkan bahaya alkoholisme. Bahaya ini adalah riil. Sebagai petunjuk ialah kenaikan yang pesat dalam konsumsi bir yang terjadi tidak saja di kota besar. Juga terdapat kenaikan konsumsi alkohol di kalangan remaja. Jadi, walaupun mayoritas penduduk Indonesia adalah Islam, yang dilarang meminum minuman keras, larangan agama itu tidak memberi jaminan tidak akan timbul penyakit alkoholisme. Yang berbahaya pula ialah pembuatan alkohol yang tidak sempurna, dapat menghasilkan alkohol yang mengandung racun.

Beberapa jenis tumbuhan menghasilkan getah susu yang susunan kimianya menyerupai minyak bumi. Melalui proses kimia, getah susu itu dapat diubah menjadi BBM. Hal ini membuka kemungkinan, dikemudian hari kita akan dapat membuat perkebunan BBM. Jadi BBM tidak lagi

kita pompa dari perut bumi. Apabila perkebunan itu dapat berhasil, BBM akan berubah dari sumberdaya yang tak terbarui menjadi sumberdaya yang terbarui. Masalahnya tentulah perkebunan itu akan memerlukan lahan yang luas, sedangkan tekanan terhadap lahan untuk berbagai keperluan terus meningkat, antara lain untuk pertanian, pemukiman dan pertambangan. Beberapa contoh tumbuhan dengan getah susu ialah widuri, kastuba, patah tulang, getahperca dan karet. Karet merupakan contoh bahwa perkebunan dengan produksi tinggi getah susu memang mungkin. Apakah karet alam akan digunakan untuk produksi BBM haruslah diteliti dengan cermat.

Kecuali getah susu, lemak nabati juga dapat digunakan sebagai bahan bakar. Dulu, sebelum tersedia minyak tanah, di desa banyak digunakan minyak kelapa dan biji jarak sebagai bahan bakar untuk penerangan. Penggunaan lemak nabati sebagai sumber energi haruslah memperhatikan penggunaan lemak itu untuk keperluan lain. Sebaiknya ialah apabila dapat digunakan jenis lemak yang sekarang tidak digunakan dan tidak mempunyai nilai ekonomis.

Pendekatan lain untuk mengatasi masalah biomas sebagai sumber energi ialah dengan mengadakan pertanaman khusus. Beberapa jenis tumbuhan yang telah dianjurkan ialah antara lain lamtoro, kaliandra dan turi. Jenis yang dianjurkan itu pada umumnya termasuk kacang-kacangan *(Leguminosae)*. Mereka mempunyai sifat pertumbuhan yang cepat dan dapat menambat nitrogen udara. Dengan penambatan nitrogen udara, tumbuhan itu dapat menambah kadar N tanah.

Sifat lain tumbuhan itu ialah mempunyai kegunaan ganda. Misalnya, lamtoro. Kayunya dapat digunakan untuk kayu bakar, daunnya untuk makanan ternak, buahnya untuk makanan orang dan tumbuhan untuk rehabilitasi lahan kritis. Sifat kegunaan ganda sesuai dengan kebutuhan rakyat di pedesaan, karena masalah kayu bakar berkaitan dengan masalah lain. Struktur pekarangan dan kebun yang merupakan sumber utama kayu bakar, telah tersusun dengan memperhatikan fungsi ganda pekarangan dan kebun itu.

Perubahan struktur dengan mengganti jenis yang satu dengan jenis lain akan menyebabkan pula perubahan fungsi. Apabila fungsi baru ini tidak memenuhi kebutuhan orang, perubahan itu tidak atau sukar untuk diterima. Pemandangan yang hanya melihat masalah kayu bakar saja dan mengabaikan kebutuhan yang lain merupakan penyebab kegagalan yang penting.

Fungsi ganda tanaman, seperti misalnya lamtoro, pada satu pihak merupakan keuntungan. Tetapi pada lain pihak merupakan kelemahan tanaman tersebut, oleh karena orang cenderung untuk mengharapkan terlalu banyak dari tanaman itu. Lamtoro dengan akar tunjangnya yang panjang dan dalam adalah resisten terhadap kekeringan. Ia tumbuh baik di daerah dengan curah hujan 600 — 1.700 mm per tahun, walaupun masih dapat tumbuh pada curah hujan 250 mm. Di atas 500 mm di atas permukaan laut pertumbuhannya kurang baik. Tanah yang cocok ialah netral atau basa, terutama tanah kapur. Ia tidak tahan terhadap tanah yang asam yang kaya aluminium. Dengan adanya anggapan lamtoro sebagai tanaman serbaguna, bahkan dianggap sebagai tanaman mujijat atau *miracle tree,* orang didorong untuk menanam lamtoro di mana saja tanpa memperhatikan syarat pertumbuhannya. Karena itu penanaman di pegunungan atau di tanah yang asam yang banyak terdapat di luar Jawa, akan menyebabkan kegagalan dan akan menurunkan semangat untuk menanam lamtoro. Serbaguna juga menimbulkan konflik antarguna. Artinya antara kegunaan yang satu dan yang lain terdapat konflik yang inherent. Sebenarnya hal yang demikian tidak perlu mengherankan. Sebab energi biomas sebagai hasil fotosintesis jumlahnya tertentu dan terbatas. Apabila dari jumlah yang terbatas ini ada sebagian yang dipakai untuk suatu tujuan, dengan sendirinya jumlah energi yang tersedia untuk tujuan lain akan berkurang. Makin banyak tujuan yang ingin dicapai, makin sedikit energi yang tersedia untuk masing-masing tujuan itu, sehingga derajat tercapainya masing-masing tujuan itu juga menurun. Jika kita ingin menanam lamtoro untuk produksi kayu, batang pokok dan cabang-cabang harus dapat tumbuh

cukup lama agar dapat mengayu. Juga harus cukup ada hasil fotosintesis sebagai bahan baku pembentukan kayu. Karena itu pohon tak boleh terlalu sering dipangkas. Akibatnya produksi bahan makanan ternak menurun. Bahan mulsa juga berkurang, sehingga efek perlindungan dan pemupukan tanah berkurang. Jika kita menginginkan produksi kayu yang tinggi, produksi buah tidak dapat lebat, karena telah banyak energi yang dipakai untuk pembentukan batang. Jadi produksi makanan orang juga berkurang.

Dapat pula kita menanam lamtoro untuk produksi bahan makanan. Bagian lamtoro yang penting untuk makanan ialah buah. Buah yang muda dipakai untuk lalab dan biji yang muda untuk tempe, botok dan sebagainya. Untuk dapat menghasilkan buah yang banyak harus ada cukup daun sebagai alat fotosintesis. Oleh karena itu tidak dapat banyak daun yang dipangkas untuk makanan ternak atau untuk mulsa. Jadi produksi makanan ternak akan berkurang dan fungsi perlindungan tanah dan erosi dan penyuburan tanah juga menurun. Produksi kayu pun harus berkurang, karena hasil fotosintesis harus disalurkan ke produksi buah.

Jika kita menginginkan lamtoro untuk makanan ternak, pohon lamtoro secara periodik akan dipangkas. Daun yang dipangkas dimakan ternak. Karena itu mulsa juga berkurang, sehingga fungsi perlindungan tanah terhadap erosi dan pemupukan juga berkurang. Berkurangnya fungsi ini dapat diperkecil, apabila kotoran ternak dikembalikan ke kebun.

Karena untuk produksi pakan ternak diinginkan daun sebanyak-banyaknya, naungan di bawah tanaman lamtoro itu akan sangat berat, sehingga menghambat pertumbuhan tumbuhan bawah. Tidak adanya tumbuhan bawah dan mulsa yang cukup akan mengakibatkan naiknya risiko erosi.

Apabila tanaman dipangkas secara periodis produksi buah pasti akan berkurang. Jadi produksi bahan makanan manusia juga menurun. Pemangkasan itu juga akan mengurangi produksi kayu bakar.

Sebaliknya jika ingin menanam lamtoro untuk produksi

bahan makanan orang atau pakan ternak, produksi kayu tidak dapat maksimal.

Uraian di atas menunjukkan suatu pertanaman lamtoro tidak dapat digunakan untuk memenuhi bermacam kegunaan dengan hasil yang semuanya memuaskan. Karena itu haruslah ditentukan tujuan utama apa yang ingin dicapai. Tujuan ini ditentukan berdasarkan atas kondisi lingkungan setempat, keinginan pemilik dan keadaan pasar. Keuntungan lain yang dapat dicapai lalu dianggap sebagai hasil samping. Hasil samping itu dapat besar atau kecil, tetapi selalu lebih kecil daripada hasil potensial yang dapat dicapai. Usaha untuk mendapatkan hasil samping itu tidak boleh menggganggu tercapainya tujuan utama. Jadi, jika produksi kayu yang menjadi tujuan utamanya, produksi makanan manusia, daun untuk mulsa, dan daun untuk makanan ternak terpaksa harus dibatasi, yang berarti jumlah ternak juga harus dibatasi.

Harus pula diperhatikan lamtoro dengan akarnya yang panjang dapat menyerap unsur hara dari lapisan yang dangkal sampai lapisan dalam. Apabila hasil lamtoro, antara lain daun, buah dan kayu, dipanen dan diangkut ke luar, lamtoro itu akan menyebabkan penurunan kesuburan tanah. Lamtoro juga mempunyai kecepatan evapotranspirasi yang tinggi, sehingga hilangnya air dari tanah besar. Yang akhir ini dapat mengurangi persediaan air tanah.

Kelemahan umum tentang pemanfaatan biomas untuk energi ialah kebutuhan lahan yang luas. Sebab energi itu berasal dari fotosintesis yang mengikat energi matahari yang difus dan efisiensi fotosintesis adalah rendah. Andaikan kita mempunyai sasaran konsumsi energi 10% dari konsumsi energi di Amerika Serikat. Kita ingin 50% dari konsumsi itu kita penuhi dengan biomas. Maka kita akan memerlukan lebih dari 17 juta hektar lahan untuk produksi biomas itu. Jumlah ini 3–4 kali luas sawah kita. Karena itu perkebunan energi (kayu bakar, alkohol, getah susu dan lemak nabati) akan bersaing dengan kebutuhan lahan yang lain, misalnya pertanian dan pemukiman. Perkebunan itu dapatlah dibenarkan, apabila dapat menggunakan lahan yang mar-

jinal atau dan dapat memberikan kehidupan yang layak kepada rakyat di pedesaan, sehingga akan membantu mengurangi tekanan penduduk terhadap lahan.

Perlu juga diperhatikan bahwa perkebunan yang berupa monokultur adalah lebih rentan terhadap hama dan penyakit daripada pertanaman campuran. Pengalaman yang pahit kita dapatkan pada pertanaman lamtoro yang mendapat serangan hama kutu loncat yang hebat. Serangan itu telah mematikan optimisme kita bahwa lamtoro merupakan tanaman mujijat.

5.2. Energi surya

Energi surya secara tradisional telah banyak kita manfaatkan, yaitu untuk menjemur, misalnya menjemur pakaian, jagung, padi dan tembakau. Pertanian sebenarnya juga cara untuk memanfaatkan energi surya, yaitu melalui proses fotosintesis.

Sejak terjadinya krisis energi dalam tahun 1973, minat untuk lebih banyak memanfaatkan energi surya secara langsung makin meningkat. Pemanfaatan itu ialah untuk, antara lain, pemanasan air, pemanasan ruang, pengeringan hasil pertanian dan pembangkit listrik. Kecuali untuk pembangkit listrik, pemanfaatan energi surya dapat dilakukan dengan teknologi yang sederhana. Namun modal yang di perlukan masih tinggi, jika dibandingkan dengan kemampuan ekonomi rakyat kita pada umumnya dan rakyat pedesaan pada khususnya. Tetapi untuk masyarakat tingkat atas yang memerlukan air panas untuk mandi dan pemanasan ruangan untuk rumah peristirahatannya di pegunungan biaya itu tidaklah tinggi.

Energi surya untuk pembangkit listrik memerlukan teknologi tinggi. Harga listrik yang dibangkitkan masih jauh lebih mahal dari listrik yang berasal dari PLTA atau PLTD. Karena itu listrik dari energi surya masih belum menarik, sebelum biaya pembangkit listrik dapat diturunkan. Listrik energi surya hanyalah dapat digunakan untuk keadaan khusus. Misalnya, untuk daerah yang membutuhkan listrik dan letaknya jauh dari jalur distribusi listrik. Suatu contoh ialah kebutuhan listrik untuk pangkalan militer di sebuah

pulau yang terpencil atau sebuah stasiun ilmiah di tengah hutan belantara. Diperlukannya teknologi tinggi yang menjadikan kita tergantung pada luar negeri, harus dipertimbangkan dalam pengembangan pemanfaatan energi surya.

5.3. Energi air

Potensi energi air di Indonesia besar, karena curah hujan yang tinggi dan topografi yang bergunung. Tetapi yang dimanfaatkan barulah sebagian kecil saja. Oleh rakyat di pedesaan energi air digunakan antara lain untuk menumbuk padi dan untuk menaikkan air ke tempat yang lebih tinggi untuk pengairan. Teknologi yang digunakan sangatlah sederhana (Gambar 10.2).

Cara yang modern, yaitu PLTA, telah diterapkan sejak sebelum Perang Dunia II dengan membangun bendungan. Dengan bendungan itu terbentuklah waduk dengan permukaan air yang lebih tinggi dari sungai yang dibendung. Dengan kenaikan tinggi muka air itu, energi potensial air naik. Air dari waduk itu dialirkan ke bawah untuk memutar turbin. Pemutaran turbin menghasilkan listrik. Apa yang terjadi di sini ialah transformasi energi potensial air menjadi energi listrik.

Biasanya bendungan dibangun tidak untuk PLTA saja. Fungsi lain bendungan umumnya ialah pengairan, pengendalian banjir, pariwisata dan perikanan. Fungsi mana yang penting tergantung pada kondisi sungai yang dibendung dan lingkungan daerah pengaruh bendungan itu. Bendungan Jatiluhur di Citarum, Jawa Barat, fungsi utamanya ialah untuk pengairan. Tetapi bendungan Saguling, juga di Citarum, terutama untuk PLTA. Karena kondisi topografi yang curam di Saguling, energi potensial air tinggi. Energi listrik yang dapat dibangkitkan juga tinggi, yaitu 700 MW pada fase pertama dan 1.400 MW pada fase kedua. Listrik yang dapat dibangkitkan di Jatiluhur ialah 150 MW. Waduk Saguling akan membantu pula fungsi pengairan dan pengendalian banjir waduk Jatiluhur untuk dataran rendah di bagian utara Jawa Barat yang merupakan gudang beras.

Listrik dapat pula dibangkitkan dengan bendungan yang

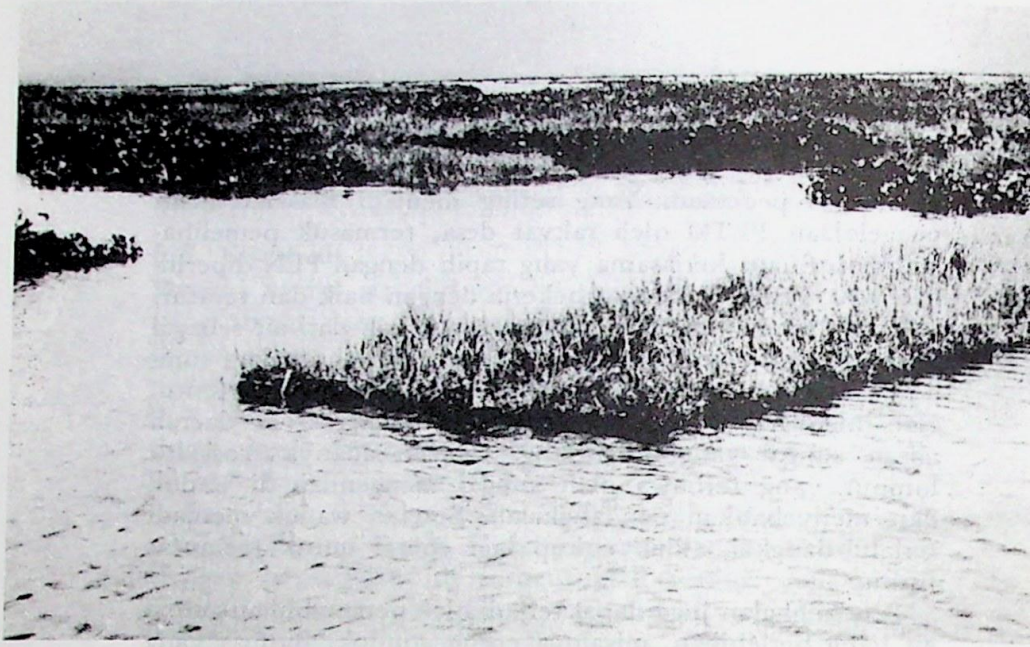
kecil dan turbin yang kecil pula. Instalasi demikian disebut Pusat Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM). PLTM mempunyai potensi yang cukup besar untuk sumber energi di daerah pedesaan. Yang sering menjadi masalah ialah pengelolaan PLTM oleh rakyat desa, termasuk pemeliharaannya. Suatu kerjasama yang rapih dengan PLN diperlukan agar PLTM itu dapat bekerja dengan baik dan teratur.

Pada umumnya orang menganggap listrik dari air sebagai energi yang terbarui. Tetapi walaupun air merupakan sumberdaya yang terbarui, PLTA mempunyai umur tertentu. Hal ini disebabkan oleh adanya proses erosi di daerah aliran sungai yang dibendung. Dengan adanya erosi itu lumpur yang terbawa oleh sungai mengendap di waduk dan menyebabkan pendangkalan. Setelah waduk menjadi terlalu dangkal, tidak cukup lagi energi untuk memutar turbin.

Pendangkalan juga dapat terjadi oleh pertumbuhan gulma air yang berlebihan, misalnya eceng gondok. Biomas yang terbentuk oleh gulma air akan mengendap di waduk. Pertumbuhan gulma air dipacu oleh kesuburan air. Penyuburan air disebabkan oleh mineral dalam lumpur dan oleh limbah dari pemukiman, restoran dan hotel. Makin tinggi laju erosi dan laju penyuburan air waduk, makin besar bahaya pendangkalan waduk dan makin besar pula bahaya diperpendeknya umur PLTA. Secara alamiah ekosistem danau dan waduk cepat atau lambat akan berubah menjadi ekosistem daratan (Gambar 10.5).

Sungai hanya mempunyai potensi energi tertentu saja, sehingga sebuah sungai hanya dapat dimanfaatkan energinya dengan terbatas pula. Misalnya, sungai Citarum di Jawa Barat mempunyai potensi untuk tiga bendungan besar, yaitu Jatiluhur, Cirata dan Saguling, dan mungkin juga untuk bendungan ke-empat di Rajamandala. Setelah waduk itu habis umurnya, habislah pula potensi Citarum untuk membangkitkan energi yang besar. Jelaslah, PLTA tidaklah tidak terbatas.

Masalah pembangunan PLTA yang besar ialah tergenangnya daerah yang luas oleh waduk. Masalah ini terutama



Gambar 10.5. Pendangkalan Rawa Pening oleh gulma air, fase akhir perubahan suksesi ekosistem danau menjadi ekosistem daratan. Biaya dan tenaga yang besar diperlukan untuk menekan proses suksesi ini. *Foto: Otto Soemarwoto*

besar di daerah yang penduduknya padat, misalnya di Jawa. Kecuali penduduk di daerah genangan, banyak penduduk di luar genangan juga terkena oleh waduk. Mereka ialah orang yang mempunyai lahan atau sumber pendapatan di dalam daerah genangan, tetapi bertempat tinggal di luar daerah genangan. Misalnya, buruh tani atau pedagang. Oleh karena itu di samping penduduk dari daerah genangan, penduduk dari luar daerah genangan yang kehilangan sebagian atau seluruh matapencahariannya harus pula dipikirkan. Yang akhir ini tidak perlu dalam bentuk ganti rugi uang, melainkan lebih baik dalam bentuk kesempatan kerja baru dan pembinaan agar mereka dapat memanfaatkan kesempatan yang baru itu.

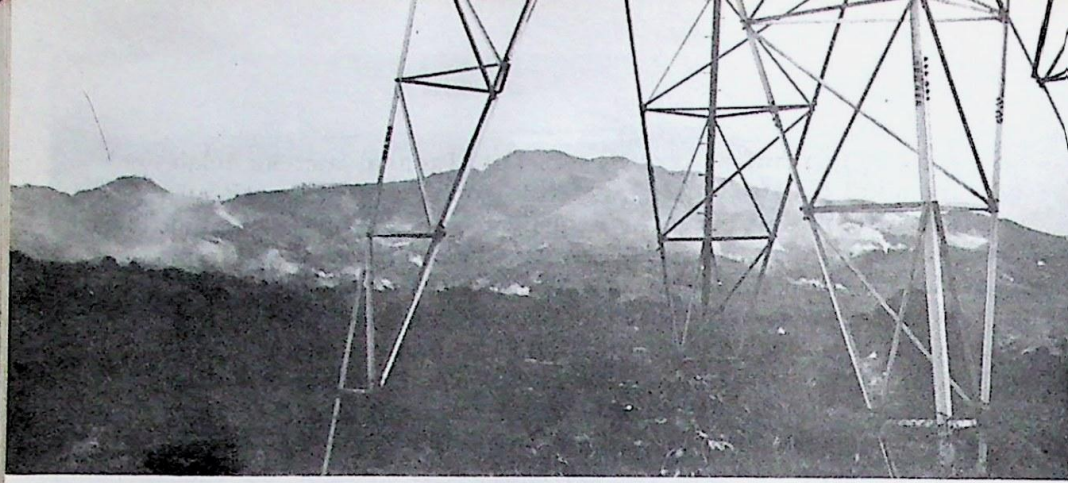
Dalam pembangunan waduk sering terjadi, penduduk lokal di daerah genangan dan sekitarnya tidak atau sedikit

mendapat manfaat proyek tersebut. Padahal mereka telah memikul beban yang berat untuk pembangunan proyek itu, antara lain, dalam bentuk kehilangan rumah, sawah, dan hal lain yang mereka anggap bernilai tinggi, misalnya kuburan. Hal ini perlu dikoreksi agar pembagian manfaat dan risiko lingkungan proyek dapat lebih adil. Pembagian manfaat dan risiko lingkungan yang tidak adil itu merupakan suatu wujud eksploatasi desa oleh kota. Hal ini tidak saja merupakan masalah etis dan penyimpangan dari amanat GBHN tentang pemerataan pembangunan, melainkan dapat membahayakan lingkungan.

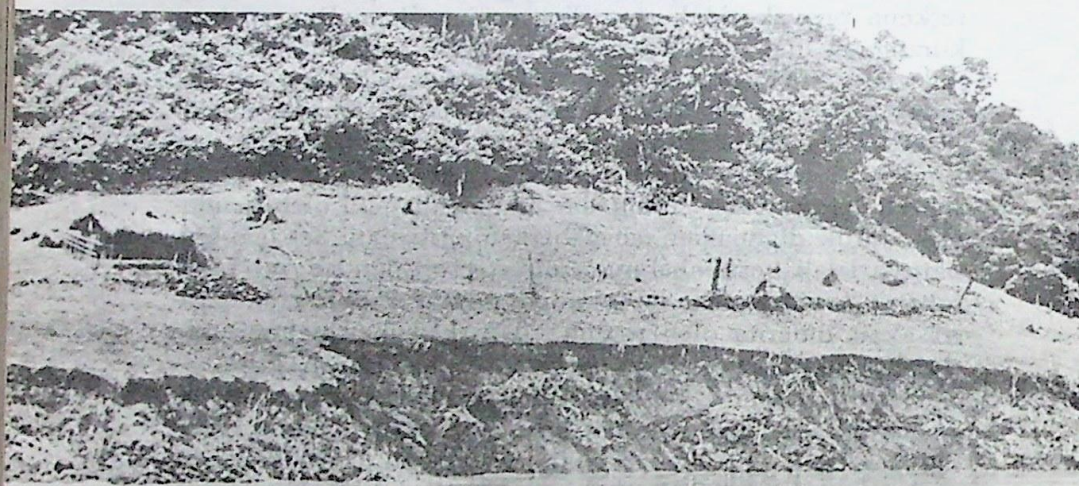
Pengalaman menunjukkan, sebagian besar penduduk yang terkena proyek tidak mau ditransmigrasikan. Dengan berkurangnya luas daerah karena genangan, kepadatan penduduk lalu meningkat. Dalam masyarakat yang agraris hal ini berarti meningkatnya tekanan penduduk terhadap lahan. Rata-rata lahan per orang menurun, dan tingkat hidup dan tingkat kesehatan juga menurun. Lahan yang marjinal, seperti lereng yang curam dan hutan, diambil oleh penduduk untuk digunakan sebagai lahan pertanian. Sebagai akibatnya ialah bertambahnya tingkat erosi dan tingkat kerusakan tata-air. Karena ini terjadi di sekitar waduk, efek negatif akan diderita oleh waduk, yaitu kenaikan pelumpuran dan kesulitan pengelolaan waduk (Gambar 10.6 A & B).

Untuk mengatasi masalah ini seyogyanya proyek itu diusahakan agar juga menjadi kekuatan pembangunan regional, terutama juga daerah sekitar waduk itu. Untuk keperluan ini energi listrik sebagian harus disalurkan ke daerah itu. Dengan energi yang terkonsentrasi ini daerah tersebut akan mampu untuk mendukung kepadatan penduduk yang tinggi pada tingkat hidup yang layak. Usaha ini perlu disertai dengan pembinaan penduduk secara intensif, antara lain pendidikan dan latihan, fasilitas kredit, pengelolaan dan pengembangan pemasaran, agar mereka dapat memanfaatkan kesempatan yang baru itu.

Agar apa yang diuraikan di atas dapat tercapai Bappeda harus diikutsertakan dalam perencanaan waduk. Perencanaan itu mencakup juga penanggulangan masalah yang sangat



A



B

Gambar 10.6. Waduk menggusur petani yang hidup di lembah sungai yang dibendung. Sementara itu manfaat listrik masih banyak melampaui mereka dan belum menciptakan lapangan pekerjaan bagi mereka (A). Akibatnya tekanan penduduk terhadap lahan meningkat. Hutan rusak, erosi dan pendangkalan waduk dipercepat (B).

Foto: Otto Soemarwoto/Soetopo
Majalah OIKOS (Swedia) 33: 190–195 (1979).

kompleks yang dihadapi oleh waduk. Bappeda merencanakan kegiatan dan anggaran untuk, antara lain, pemukiman kembali, tindakan preventif timbulnya penyakit, pengendalian erosi di daerah tampung waduk dan hulu sungai yang dibendung dan pengendalian pencemaran oleh industri di daerah hulu. Dengan demikian dapat terjalin kerjasama yang baik antara PLN sebagai pelaksana proyek dan Pemerintah Daerah yang ditempati proyek. Keduanya akan saling beruntung. PLN beruntung karena proyeknya dapat selamat dan Pemerintah Daerah beruntung karena proyek memajukan daerah dan rakyatnya.

Karena waduk adalah sebuah sumber emisi gas metan yang merupakan salah satu gas rumah kaca, perlu juga diperhatikan bahwa PLTA memperbesar risiko terjadinya pemanasan global.

5.4. Energi laut

Laut mempunyai pasang surut secara periodis. Di tempat tertentu perbedaan tinggi permukaan laut antara pasang dan surut cukup tinggi untuk dapat digunakan sebagai pembangkit listrik. Di dalam gelombang dan arus laut juga terdapat energi yang dapat dimanfaatkan.

Energi lain dalam laut ialah panas matahari yang tersimpan dalam air laut. Di laut dalam di bawah kondisi oseanologi tertentu terdapat perbedaan suhu antara lapisan bawah dan atas air laut. Perbedaan suhu ini dapat digunakan untuk membangkitkan listrik.

Pemanfaatan energi laut masih pada tingkat eksperimental. Dampak lingkungan apa yang mungkin timbul juga belum dipelajari.

5.5. Energi angin

Angin adalah udara yang bergerak. Karena itu angin mempunyai energi kinetik. Sejak zaman purba energi angin telah dimanfaatkan untuk menggerakkan perahu layar. Sriwijaya menjadi besar, karena dapat memanfaatkan energi angin. Demikian pula Majapahit dapat mempersatukan Nusantara karena adanya energi angin. Tetapi energi angin juga yang menyebabkan Indonesia dijajah oleh Belanda. Columbus

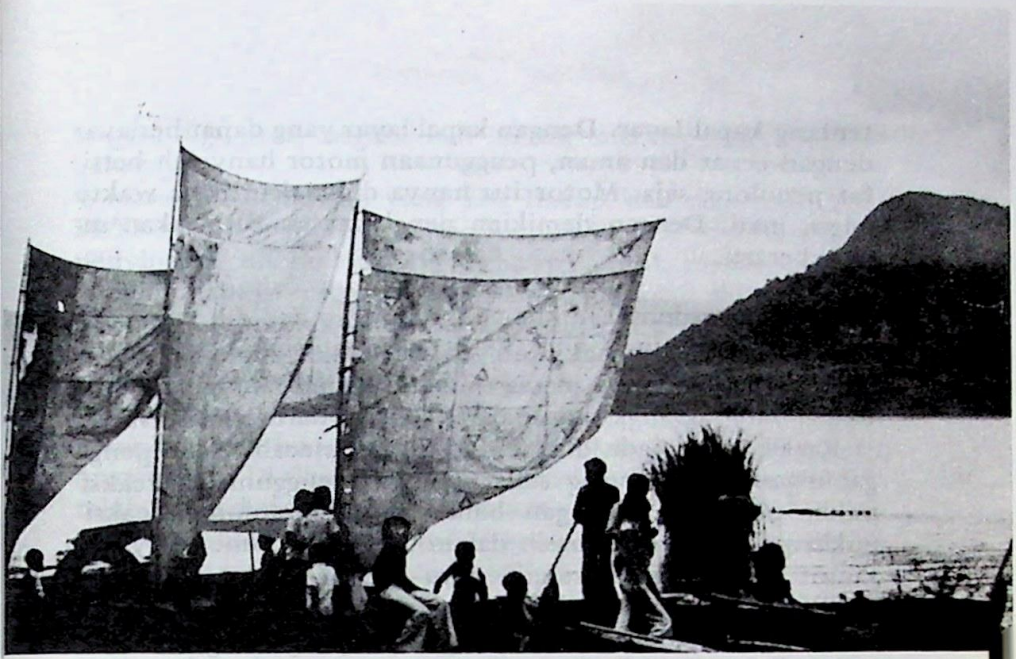
menemukan Amerika dengan menggunakan energi angin dan sejarah Amerika Serikat diawali oleh para kolonis Eropa yang datang dengan menggunakan energi angin. Tanpa adanya energi angin sejarah dunia mungkin akan sangat berbeda dari yang sekarang.

Hingga sekarang energi angin memegang peranan yang sangat penting dalam transpor laut di Indonesia. Jumlah ton perahu layar yang kecil-kecil adalah besar. Transpor antar pulau, terutama antara pulau dan kota kecil, sebagian besar dilakukan oleh perahu layar. Sebagian besar nelayan juga masih menggunakan perahu layar.

Di daratan, energi angin juga banyak digunakan dengan perantaraan kincir angin, misalnya di negeri Belanda. Tetapi di Indonesia kincir angin tidak berkembang, kecuali sekedar sebagai permainan. Untuk permainan, energi angin juga digunakan untuk layang-layang.

Di luar negeri penelitian untuk memanfaatkan angin untuk pembangkitan listrik telah banyak dilakukan. Tetapi hingga sekarang pembangkit listrik tenaga angin masih bersifat eksperimental. Di Indonesia penelitian untuk memanfaatkan energi angin untuk listrik atau untuk menggerakkan mesin masih sangat sedikit. Penelitian untuk menaikkan efisiensi angin dalam transpor laut dan keselamatan perahu layar sama sekali tidak ada yang melakukan. Perahu layar yang ada sepenuhnya menggunakan pengetahuan dan pengalaman tradisional.

Penelitian tentang perahu layar pastilah akan sangat berguna bagi beribu-ribu pelaut dan nelayan, sehingga akan mempunyai efek pemerataan yang besar. Penelitian itu juga sangat penting bagi terwujudnya wawasan nusantara dan bagi perekonomian kita. Perahu layar pengaruhnya lebih besar daripada kapal udara. Yang akhir ini telah berhasil menghubungkan ke-27 propinsi melalui penerbangan utama antara ibu kota propinsi dan penerbangan perintis ke kota yang lebih besar. Tetapi sebagian besar kepulauan kita, yang jumlahnya lebih dari 13.000 buah, belumlah terjangkau oleh kapal terbang. Pelayaran perintis juga baru menjangkau



Gambar 10.7. Perahu layar memberi sumbangan terbesar dalam pemanfaatan energi angin. Penelitian untuk memperbaiki perahu layar akan mempunyai efek ekonomi dan pemerataan yang sangat besar. Karena itu harus diberi prioritas tinggi.

Foto: Otto Soemarwoto

bagian yang kecil saja. Tetapi perahu layar dapat menjangkaunya, sehingga mereka benar-benar merupakan pemersatu kesatuan negara kita.

Bagi negara maritim Indonesia, yang luas daerahnya sebagian besar terdiri atas laut, seyogyanya penelitian tentang energi angin, khususnya untuk pelayaran, diberi prioritas yang tinggi, lebih tinggi daripada misalnya untuk penelitian energi alkohol atau energi laut (Gambar 10.7). Penelitian tentang perahu layar tidak perlu membuat kita merasa rendah, melainkan penelitian itu justru bersifat inovatif. Contohnya ialah kemenangan kapal layar Australia II dalam perlombaan layar America Cup baru-baru ini. Kemenangan itu disebabkan oleh adanya pengembangan lunas kapal yang radikal. Karena itu kita harus merasa bangga dengan penelitian

tentang kapal layar. Dengan kapal layar yang dapat berlayar dengan cepat dan aman, penggunaan motor hanyalah bersifat penolong saja. Motor itu hanya digunakan pada waktu angin mati. Dengan demikian penghematan BBM akan sangat berarti.

5.6. Energi nuklir

Energi nuklir dibangkitkan dalam reaksi nuklir. Dalam reaksi ini sebenarnya massa diubah menjadi energi. Jumlah energi yang dibangkitkan dapat dihitung dari teori Einstein.

Reaksi nuklir ada dua jenis, yaitu pemecahan dan penggabungan. PLTN yang sekarang ada menggunakan reaksi nuklir pemecahan dengan bahan bakar uranium. Reaksi nuklir penggabungan masih dalam taraf eksperimental yang sangat awal. Diperkirakan baru dalam tahun 2.000-an PLTN dengan reaksi nuklir penggabungan dapat beroperasi. Bahan bakarnya ialah inti hidrogen yang digabungkan menjadi helium. Apabila berhasil, keuntungannya akan sangat banyak. Sebab bahan bakar hidrogen dapat didapatkan dari laut dan jumlahnya tidak terbatas. Hasil reaksi nuklir yang berupa helium diperkirakan tidak berbahaya. Hal ini berbeda dengan reaksi nuklir pemecahan dengan bahan bakar uranium yang menghasilkan plutonium yang radioaktif dan berbahaya. Pembuangan sampah yang radioaktif masih merupakan masalah yang pelik.

Indonesia belum mempunyai PLTN, melainkan baru mempunyai rencana awal untuk membangun sebuah PLTN. PLTN ini akan menggunakan reaksi nuklir pemecahan dengan bahan bakar uranium. Belum jelas apakah Indonesia mempunyai tambang uranium yang berarti. Jika pun ada, pemurnian uranium sampai menjadi bahan bakar jadi memerlukan teknologi tinggi yang belum kita miliki. Pengetahuan ini memang hanya dimiliki oleh sejumlah negara yang terbatas. Penyebaran pengetahuan itu sangat dibatasi dan dijaga sangat ketat. Sebab pengetahuan itu juga sangat berguna untuk pembuatan bom atom. Karena itu, dapat diperkirakan untuk penggunaan energi nuklir, kita akan

tergantung pada negara lain untuk mendapatkan bahan bakarnya.

Masalah lingkungan yang kita hadapi dalam penggunaan PLTN ialah pengelolaan limbah radioaktif dan bahaya penyinaran zat radioaktif. Teknologi untuk mencegah terjadinya bahaya penyinaran sebenarnya sudah sangat baik, sehingga secara teknis risiko itu sangatlah kecil. Tetapi terjadinya bahaya karena kesalahan atau kelalaian operator lebih besar. Misalnya, kecelakaan yang terjadi di PLTN Three Miles Island di Amerika Serikat, yang hampir saja menyebabkan malapetaka besar, adalah juga karena kesalahan operator. Di Chernobil, Rusia, kecelakaan PLTN malahan telah menyebabkan tersebarnya zat radioaktif dalam daerah yang amat luas. Masalah lingkungan lain yang perlu diperhatikan ialah pembuangan air pendingin yang bersuhu tinggi. Pembuangan ini dapat merusak ekosistem perairan.

Karena adanya masalah-masalah itu kita harus mempertimbangkan dengan masak pembangunan PLTN.

5.7. Energi bahan fosil

Energi fosil yang sekarang sangat umum kita pakai ialah BBM. Energi fosil lainnya ialah batubara dan gas alam.

Indonesia mempunyai tambang batubara, antara lain di Bukit Asam dan Ombilin di Sumatra serta di Kalimantan. Sebelum perang, produksi batubara cukup tinggi. Tetapi kemudian merosot. Karena terbatasnya cadangan minyak kita dan pentingnya minyak sebagai penghasil devisa, usaha sedang dilakukan untuk menaikkan produksi batubara kita.

Batubara dapat digunakan sebagai bahan bakar alat transpor, misalnya kereta api dan kapal. Batubara juga dapat digunakan untuk membangkitkan listrik. Sebuah PLTU besar dengan bahan bakar batubara telah dibangun di Banten, Jawa Barat dan di Jawa Timur. Beberapa PLTU lain yang serupa sedang direncanakan.

Dengan kesulitan yang kita hadapi dengan BBM, peningkatan transpor dengan bahan bakar batubara perlu dipertimbangkan. Misalnya, untuk kapal laut dan kapal sungai di beberapa sungai besar, dan untuk kereta api. Transpor

dengan kapal dan kereta api dari segi energi lebih murah daripada transpor dengan mobil, apalagi dengan kapal terbang. Jadi di tempat yang sistem transpornya belum berkembang, perlu dipelajari untuk lebih memprioritaskan pengembangan kereta api dan kapal daripada transpor jalan raya. Kapal laut dapat digunakan untuk perkembangan kota pantai, baik di pulau yang besar maupun di pulau yang kecil, kapal sungai di pulau besar yang mempunyai sungai besar, misalnya Sumatera, Kalimantan dan Irian Jaya, kereta api di daerah pedalaman. Kereta api mempunyai keuntungan tidak menyebabkan pertumbuhan yang linier sepanjang jalan, seperti yang terjadi pada jalan raya. Letak stasiun dapat direncanakan untuk menjadi pusat pertumbuhan yang dihubungkan dengan jalan sekunder ke daerah di sekitarnya. Dengan demikian pertumbuhan daerah dapat lebih terencana dan terkendalikan. Kerugian kereta api ialah memerlukan modal investasi yang besar. Tetapi penghematan BBM dan keuntungan lain mungkin sekali dapat lebih besar daripada kerugiannya.

Penggunaan batubara untuk kereta api dapat secara langsung dengan menggunakan lokomotif uap atau dengan mengubah energi batubara menjadi energi listrik dahulu dan menggunakan kereta api listrik. Pengembangan transpor laut dengan batubara dapat dilakukan bersama dengan usaha menaikkan efisiensi kapal layar.

Batubara dapat juga diubah menjadi gas atau BBM sintetis.

Penggunaan batubara menimbulkan beberapa masalah lingkungan. Misalnya, pembakaran batubara menghasilkan zat pencemar oksida belerang, oksida nitrogen dan abu. Oksida belerang dan oksida nitrogen dalam jumlah yang besar dapat menyebabkan hujan asam yang dapat menaikkan derajat keasaman air dan tanah. Kenaikan derajat keasaman, yaitu penurunan pH, sampai di bawah nilai tertentu akan mematikan organisme hidup. Abu dalam jumlah yang besar juga merupakan zat pencemar yang berbahaya, atau paling sedikit mengganggu karena membuat segalanya kotor.

Indonesia juga mempunyai cukup cadangan gas alam. Gas alam itu telah dimanfaatkan, antara lain, untuk keperluan rumah tangga, pembangkit listrik dan diekspor.

5.8. Energi panas bumi

Energi panas bumi berasal dari aktivitas volkanisme. Air tanah yang bersentuhan dengan bantuan yang panas karena aktivitas volkanisme, berubah menjadi uap. Uap air itu dapat dibor dan disalurkan melalui pipa untuk memutar generator listrik. Jadi pada prinsipnya sama dengan PLTU, tetapi dengan menggunakan bahan bakar magma yang panas. Karena Indonesia terletak dalam daerah yang banyak gunung berapinya, potensi energi panas bumi kita diperkirakan cukup besar. Beberapa PLTP telah dibangun.

Banyak daerah yang mempunyai potensi energi panas bumi terletak di daerah yang berhutan. Karena itu salah satu dampak PLTP ialah kerusakan hutan dengan segala akibatnya, seperti erosi gen, erosi tanah dan kerusakan tata air. Ada pula yang terletak di dalam cagar alam sehingga terjadi konflik langsung antara pencagaralaman dan pembangkitan listrik.

PLTP juga dapat menyebabkan masalah pencemaran. Sebab uap yang dibor dari perut bumi tidak murni. Belerang merupakan zat pencemar yang umum terdapat dalam uap panas bumi. Beberapa logam berat juga sering terdapat di dalamnya.

Masalah pencagaralaman dan pencemaran perlu diperhatikan dalam pembangunan PLTP untuk dicarikan penyelesaian yang sebaik-baiknya agar dapat dicapai nisbah manfaat terhadap risiko lingkungan yang sebesar-besarnya.

DAFTAR ISTILAH

Bahasa Indonesia	Bahasa Inggris	Keterangan
Acak	*Random*	Tidak beraturan
Adaptasi	*Adaptation*	Penyesuaian diri
– Maladaptasi	*– Maladaptation*	– penyesuaian diri yang salah atau tidak cocok
Aerob	*Aerobe*	1. Organisme yang memerlukan oksigen untuk hidupnya. 2. Kondisi lingkungan yang mengandung oksigen.
Altruisme	*Altruism*	Pengorbanan diri untuk keselamatan orang lain atau kelompoknya.
Anaerob	*Anaerobe*	1. Organisme yang tidak memerlukan oksigen untuk hidupnya. 2. Kondisi lingkungan yang tidak mengandung oksigen.
Aneka	*Diverse*	Bermacam-macam
– Keanekaan	*– Diversity*	– Kebermacaman
– Indeks keanekaan	*– Diversity index*	– Ukuran keanekaan
Antibiotik	*Antibiotic*	Pembuluh mahluk hidup, umumnya jasad renik.
Antroposentris	*Anthropocentric*	Pandangan hidup yang menganggap alam diciptakan untuk manusia sebagai sumberdaya untuk dieksploitasi semaksimal mungkin.

Bahasa Indonesia	Bahasa Inggris	Keterangan
Bendungan pengendali	*Checkdam*	Bendungan penahan lumpur.
Bentang alam	*Landscape*	Unsur-unsur alam yang terbentang membentuk suatu pemandangan
Bercak	*Patch*	Petak kecil; noda.
Berkelanjutan	*Sustainable*	Dapat berlangsung terus
Biomas	*Biomass*	Bahan organik tumbuhan dan hewan.
Cagar		
– Cagar alam	– *Nature reserve*	– Sebidang lahan, umumnya berhutan, yang dilindungi.
– Pencagar alaman	– *Nature conservation*	– Pengawetan atau pelestarian alam
– Mencagar	– *To conserve*	– Mengawetkan atau melestarikan.
– Pencagaran	– *Conservation*	– Pengawetan atau pelestarian.
Catu	*Supply*	Persediaan, misalnya beras.
Cemar	– *To pollute*	
– Mencemari	– *Pollution*	
– Pencemaran	– *Polluted*	
– Tercemar	– *Pollutant*	
– Zat pencemar		
Cuplikan	*Sample*	
Dayadukung	*Carrying capacity*	Kemampuan sebidang lahan untuk mendukung kehidupan.
Dayalenting	*Resilience*	Kemampuan untuk pulih dari suatu gangguan.
Daur	*Cycle*	Putaran.
– Daur biogeokimia	– *Biogeochemical cycle*	– Perputaran zat melalui proses dalam jasad hidup, geologi dan kimia.
– Daur ulang	– *Recycling*	– Penggunaan kembali bahan sisa.
Ekonsentris	*Ecocentric*	Pandangan hidup yang menganggap manusia sebagai bagian ekosistem tempat hidupnya

Bahasa Indonesia	Bahasa Inggris	Keterangan
		dan menghargai nilai intrinsik unsur-unsur alam, seperti fauna dan flora.
Entropi	*Entropy*	Bagian energi total yang tidak dapat digunakan untuk melakukan kerja.
Energi	*Energy*	Kemampuan untuk melakukan kerja.
Ekologi	*Ecology*	Ilmu tentang hubungan timbal-balik antara mahluk hidup dengan lingkungannya.
Ekosistem	*Ecosystem*	Sistem ekologi, yaitu satu kesatuan yang terbentuk oleh interaksi antara mahluk hidup dengan faktor tak hidup di suatu tempat.
Evapotranspirasi	*Evapotranspiration*	Penguapan air total melalui tubuh tumbuhan dan permukaan tanah atau air.
Evolusi	*Evolution*	Perkembangan setingkat demi setingkat dari bentuk yang sederhana ke bentuk yang lebih maju.
– Ko-evolusi	– *Co-evolution*	Evolusi bersama dua atau lebih jenis.
Fenotipe	*Phaenotype*	Sifat individu yang nampak sebagai hasil interaksi sifat keturunan dengan lingkungan.
Galur	*Strain*	Populasi sejenis tumbuhan atau hewan yang mempunyai sifat keturunan yang homogen.
Gen	*Gene*	Kesatuan faktor keturunan dalam kromosom.
Genotip	*Genotype*	Sifat makhluk hidup yang terkandung di dalam gen.
Gulma	*Weed*	Tumbuhan pengganggu.
Habitat	*Habitat*	Tempat hidup.

Bahasa Indonesia	Bahasa Inggris	Keterangan
– mikrohabitat	– *microhabitat*	– tempat hidup yang kecil.
Herbiside	*Herbicide*	Zat pembunuh tumbuhan.
Herbivor	*Herbivore*	Pemakan tumbuhan.
Hibridisasi	*Hybridization*	Perkawinan silang, biasanya antara varietas.
Holistis	*Holistic*	Menyeluruh; utuh.
Infantiside	*Infanticide*	Pembunuhan anak.
Insektiside	*Insekticide*	Zat pembunuh insekta.
Jaring-jaring	*Web*	Saling hubungan.
– Jaring-jaring makanan	– *Foodweb*	– Saling hubungan makan-memakan.
– Jaring-jaring kehidupan	– *Web of life*	– Saling hubungan kehidupan.
Jenis	*Species*	Sekelompok hewan atau tumbuhan yang dapat saling kawin, tetapi tidak dapat kawin dengan kelompok lain.
Karnivor	*Carnivore*	Pemakan daging.
Klorofil	*Chlorophyll*	Zat hijau daun.
Kromosom	*Chromosome*	Bagian intisel pembawa faktor keturunan.
Lentur	*Elastic*	Tidak kaku.
Magma	*Magma*	Batuan panas yang cair di dalam perut bumi.
Marga	*Genus*	Sekolompok jenis tumbuhan atau hewan yang mempunyai sifat-sifat yang serupa.
Materi	*Matter*	Zat
Mentak	*Probable*	Boleh jadi.
– Kementakan	– *Probability*	– Kebolehjadian.
Monofag	*Monophagous*	Hidup dari satu jenis makanan.
Monokultur	*Monoculture*	Pertanaman yang terdiri atas satu jenis tanaman.
Mungkin	*Possible*	Dapat terjadi.
– Kemungkinan	– *Possibility*	– Sesuatu yang dapat terjadi.
Nisbah	*Ratio*	Nilai perbandingan, misalnya nisbah manfaat/biaya.

Bahasa Indonesia	Bahasa Inggris	Keterangan
Oligofag	*Oligophagous*	Hidup dari sedikit jenis makanan.
Pantau		
– Memantau	– *To monitor*	– Mengukur dan mengawasi secara teratur.
– Pemantauan	– *Monitoring*	– Pengukuran dan pengawasan secara teratur.
Peka	*Susceptible*	Mudah kena, misalnya mudah kena penyakit.
Pembalakan	*Logging*	Penebangan kayu hutan gelondongan.
Pestiside	*Pesticide*	Zat pembunuh hama
Polifag	*Polyphagous*	Hidup dari banyak jenis makanan.
Polikultur	*Polyculture*	Pertanaman yang terdiri atas banyak jenis tanaman.
Produktivitas	*Productivity*	Daya produksi.
– Primer	– *Primary*	– Daya produksi tumbuhan.
– Sekunder	– *Secondary*	– Daya produksi hewan pemakan tumbuhan.
Punah	*Extinct*	Kelangsungan hidupnya terhenti.
– Kepunahan	– *Extinction*	– Peristiwa terhentinya kelangsungan hidup.
Rentan	*Vulnerable*	Mudah rusak.
Resisten	*Resistant*	Tahan, misalnya tahan terhadap penyakit.
Rizosfer	*Rhizosphere*	Lingkungan akar; ruang tempat akar tumbuh.
Rosot	*Sink*	Tempat endapan atau penyimpanan zat, misalnya rosot karbon.
Sengkelit umpan balik	*Feedback loop*	Keluaran yang menjadi masukan kembali.
Seresah	*Litter*	Daun-daunan, ranting dan bagian tumbuhan lain yang jatuh di bawah tumbuhan.
Simbiosis	*Symbiosis*	Hidup bersama yang saling menguntungkan.

Bahasa Indonesia	Bahasa Inggris	Keterangan
Stratosfer	*Stratosphere*	Bagian atas atmosfer.
Suku	*Family*	Sekelompok dan marga tumbuhan atau hewan yang mempunyai sifat yang serupa.
Sumberdaya gen	*Genetic resource*	Sumberdaya yang berupa faktor keturuan yang terkandung dalam tumbuhan dan hewan.
Tambat		
– Menambat	– *To fix*	– Mengikat.
– Penambatan	– *Fixation*	– Pengikatan, misalnya penambahan nitrogen udara.
Terbalikkan	*Reversible*	Proses yang dapat berbalik.
– Takterbalikkan	– *Irreversible*	– Proses yang tak dapat berbalik.
Teritorialitas	*Territoriality*	Sifat mempertahankan daerah.
Transpirasi	*Transpiration*	Berkeringat; penguapan air melalui tubuh makhluk hidup.
Varietas	*Variety*	Populasi tumbuhan atau hewan sejenis yang mempunyai sifat tertentu, misalnya varietas padi unggul.
Vektor	*Vector*	Pembawa atau penular penyakit.

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Nama Lengkap	Keterangan
ADL	Analisis Dampak Lingkungan	
AEE	Analisis Efisiensi Energi	
AMRIL	Analisis Manfaat dan Risiko Lingkungan	
ATP	Adenosintrifosfat	Zat kimia organik yang berperan dalam metabolisme energi
BBM	Bahan bakar minyak	
DDT	Dichloro-Diphenyl-trichloro-Ethane	Sejenis zat pembunuh insekta
FAO	Food and Agriculture Organization	Badan PBB untuk urusan pangan dan pertanian
GBHN	Garis-garis Besar Haluan Negara	
IRRI	International Rice Research Institute	Lembaga internasional untuk penelitian tanaman padi di Los Baños, Pilipina.
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries	Organisasi negara pengekspor minyak
PBB	Perserikatan Bangsa-Bangsa	
PLTA	Pusat Listrik Tenaga Air	
PLTM	Pusat Listrik Tenaga Mikro hidro	
PLTN	Pusat Listrik Tenaga Nuklir	
PLTP	Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi	
PHPA	Perlindungan Hutan dan Pengawetan Alam	Direktorat Jenderal dalam Departemen Kehutanan

Singkatan	Nama Lengkap	Keterangan
UNEP	United Nations Environmental Programme	Badan PBB urusan program lingkungan hidup
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	Badan PBB urusan pendidikan, ilmu pengetahuan dan kebudayaan
VUTW	Varietas unggul tahan wereng	

Buku-buku yang berguna bagi Anda:

HUKUM PERBURUHAN BIDANG HUBUNGAN KERJA
oleh *Prof. Iman Soepomo, S.H.*
Peraturan perburuhan yang menyangkut perjanjian kerja, meliputi perjanjian kerja laut, perusahaan industri, perkebunan, panglong dan sebagainya dalam hubungan kerja khusus.

HUKUM PERBURUHAN
oleh *Prof. Iman Soepomo, S.H.*
Kumpulan undang-undang dan peraturan-peraturan perburuhan disusun menurut sistematik hukum perburuhan.

HUKUM KEPEGAWAIAN DI INDONESIA
oleh *Sastra Djatmika, S.H. & Drs. Marsono*
Ikhtisar tentang ketentuan-ketentuan mengenai kedudukan pegawai negri. Mencakup peraturan-peraturan baru.

MANUSIA DAN KEBUDAYAAN DI INDONESIA
oleh *Prof. Dr. Koentjaraningrat*
Penjelasan dan uraian mengenai masyarakat, adat-istiadat dan kebudayaan dari suku-suku bangsa di Indonesia.

PENGANTAR HUKUM PERBURUHAN
oleh *Prof. Iman Soepomo, S.H.*
Pengantar untuk menjelajahi bermacam-macam peraturan perburuhan yang berlaku di Indonesia.

PENERBIT DJAMBATAN

Jl. Paseban 29, Jakarta 10440
Tromolpos 1116/Jkt. 10011
Telp. 390 8790 - Fax. 392 0643

Jl. Wijaya I/39, Jakarta 12170
Telp. 720 3199 - 720 8562
Fax. 720 8562 - 722 7989