Panduan dan Materi Pendidikan Lingkungan Hidup Tingkat Pendidikan Dasar di Provinsi Gorontalo

Ani Kartikasari dan Lynn Clayton
Yayasan Adudu Nantu International (YANI)

Buku ini kami persembahkan untuk setiap anak, guru dan kalangan pendidik di Gorontalo yang bersatu dan bersama menggalang kekuatan untuk menyelidiki, menyayangi, dan melindungi kekayaan alam Gorontalo yang sangat berharga bagi dunia – dan menjadi perintis konservasi alam untuk kelangsungan hidup generasi sekarang dan masa depan.

Kartikasari, A. dan L. Clayton. 2014.
Panduan dan materi pendidikan lingkungan hidup tingkat pendidikan dasar di Provinsi Gorontalo.
Yayasan Adudu Nantu International. Gorontalo.

Mengutip sebagian isi buku ini untuk kepentingan pendidikan diperbolehkan,
dengan menyebutkan sumber dan penerbitnya.

Kredit foto sampul: Berbagai contoh fauna dan flora unik hutan Nantu. Dari kiri atas searah jarum jam: Pohon Rao (*Dracontomeon dao*) (P. Engelhorn); Kayu putih (*Eucalyptus deglupta*) (M. Gunther); buah jahe hutan *Amomum* sp (M. Ardiyani); Celepuk Sulawesi (*Otus manadensis*), Monyet Heki (*Macaca hecki*); Woka (*Livistona rotundifolia*); alat pendulang emas (M. Gunther); kawanan babirusa jantan (M. Gunther); Lada hutan (D. Darnaedi); Tangkasi (*Tarsius spectrum*) (L. Clayton); dan bunga *Hoya diversifolia* (M. Ardiyani). Tengah: Siswa SD Negeri 16 Wonosari, Gorontalo (M. Gunther), Foto sampul dalam belakang: Lynn Clayton (Michael Gunther/SOS)

Tata Letak: Eka Tresnawan

Dicetak oleh: SMK Grafika Desa Putera

Panduan dan Materi Pendidikan Lingkungan Hidup Tingkat Pendidikan Dasar di Provinsi Gorontalo

Ani Kartikasari dan Lynn Clayton

Yayasan Adudu Nantu International (YANI)

Ungkapan Penghargaan

Penulisan dan penerbitan buku *Panduan dan Materi Pendidikan Lingkungan Hidup* ini dibiayai oleh dukungan dana dari *Save Our Species* dan *ADM Capital Foundation*. *Save Our Species* (SOS) merupakan inisiatif bersama antara tiga lembaga internasional yang memiliki mandat pelestarian flora dan fauna di dunia, yaitu *Global Environment Facility*, IUCN (Lembaga Konservasi Alam dan Sumber Daya Alam Internasional) dan Bank Dunia. Fokus utama SOS adalah untuk memastikan kelangsungan hidup dan kesejahteraan berbagai spesies terancam punah beserta habitatnya demi tercapainya tujuan pelestarian keanekaragaman hayati. *ADM Capital Foundation* adalah yayasan filantropis yang berpusat di Hong Kong. Yayasan ini mendukung sejumlah kegiatan konservasi keanekaragaman hayati dan pembangunan berkelanjutan di berbagai penjuru Asia. Kami sangat berterima kasih atas dukungan dana dari *Save Our Species* dan *ADM Capital Foundation* untuk membiayai proses penulisan dan penerbitan buku ini.

Buku ini disiapkan sebagai bagian dari program penelitian bertema 'Biologi Konservasi Hutan Paguyaman di Sulawesi bagian utara', yang disponsori oleh Kementerian Riset dan Teknologi (RISTEK). Kami mengucapkan penghargaan atas dukungan ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Biologi di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Puslit Biologi, LIPI), Universitas Sam Ratulangi Manado, Direktorat Jenderal Pelestarian Hutan dan Konservasi Alam (PHKA), Universitas Negeri Gorontalo, Universitas Muhamadiyah Gorontalo, *Disney Worldwide Conservation Fund,* EAZA IUCN SSC Southeast Asia Conservation Fund dan People and Plants International.

Kepada seluruh jajaran Pemerintah Daerah Provinsi Gorontalo kami menyampaikan terima kasih atas dukungan dan sambutan positif terhadap penulisan buku ini. Secara khusus kami menghargai kerja sama dan fasilitasi yang diberikan oleh staf Badan Lingkungan Hidup dan Riset Daerah dan Dinas Pendidikan Nasional Provinsi Gorontalo dalam lokakarya bersama para wakil guru dan penilik sekolah pada April 2014. Semangat dan masukan dari peserta selama lokakarya sangat membantu dalam menyempurnakan naskah buku ini.

Kami juga sangat berterima kasih atas dukungan teknis dalam persiapan gambar-gambar oleh Roger Clibborn dan Dadi Sungkowo serta Jeni Shannaz yang ketelitiannya sangat membantu dalam pengecekan naskah akhir dan persiapan pencetakan buku ini. Kami juga sangat berterima kasih kepada banyak sahabat dan rekan kerja di Sulawesi dan seluruh Indonesia atas dukungan dan persahabatan yang telah bertahun-tahun terjalin. Akhir kata, kami berterima kasih kepada Nonvie Pandeirot dan James Komolontang untuk dukungan mereka dalam berbagai kegiatan di lapangan.

Harapan kami para pengajar pendidikan lingkungan hidup dan anak-anak Gorontalo akan merasakan manfaat buku ini dan terilhami untuk mengembangkan isinya lebih lanjut.

Oktober 2014

Ani Kartikasari dan Lynn Clayton

Sambutan Gubernur Kepala Daerah Provinsi Gorontalo

Assalamualaikum Wr. Wb.

Provinsi Gorontalo sebagai daratan sempit dan bergunung yang berada di bagian tengah Semenanjung Minahasa merupakan bagian dari Pulau Sulawesi yang menjalani proses evolusi lingkungan yang unik. Proses alami yang berlangsung ribuan bahkan jutaan tahun ini menghasilkan lingkungan daratan, pesisir dan laut yang dihuni oleh hewan dan tumbuhan istimewa dengan keanekaragaman hayati (*biodiversity*) yang sangat tinggi, bahkan kebanyakan tidak terdapat di tempat lain (*endemik*) di dunia. Misalnya, 79 dari 127 mamalia Sulawesi merupakan jenis asli (62%) yang endemik seperti Anoa, babirusa, tangkasi dan monyet Heki hanya ada di kawasan hutan Gorontalo saja. Sulawesi memiliki 328 jenis satwa (88 jenis adalah endemik), antara lain Maleo dan Rangkong merah yang di Gorontalo dikenal sebagai burung Alo. Fauna yang sangat kaya ini kehidupannya didukung oleh hutan alam yang juga sangat kaya keragaman jenis tumbuhannnya, khususnya jenis-jenis penghasil kayu dan rotan yang bernilai ekonomi tinggi.

Mengelola lingkungan yang unik ini dapat mewujudkan pembangunan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat yang berkelanjutan namun menghadirkan tantangan bagi seluruh masyarakat Gorontalo. Hal ini terutama karena perekonomian di Gorontalo sebagian besar mengandalkan potensi sumber daya alam, yaitu hasil hutan, lahan pertanian dan laut. Namun modal sumber daya alam selama beberapa dasawarsa terakhir ini terus menghadapi tekanan dari bersumber dari aktivitas manusia, seperti penebangan hutan secara liar, penambangan emas ilegal, perburuan dan perdagangan satwa, serta perladangan berpindah yang masih berlangsung di kawasan hutan konservasi dan hutan yang dilindungi seperti Suaka Margasatwa Nantu dan Taman Nasional Bogani Nani Wartabone.

Sebagian besar masyarakat memahami bahwa modal pembangunan dari alam ini memiliki nilai ekonomi tinggi, yaitu menyediakan berbagai kebutuhan pokok masyarakat, seperti bahan makanan, bahan kayu untuk pembangunan rumah dan sebagai sumber bahan bakar, tumbuhan sebagai bahan obat dan pakan ternak. Namun yang masih belum banyak dipahami, ekosistem alami seperti hutan alam, mangrove dan ekosistem pesisir juga menyediakan berbagai bentuk jasa lingkungan. Misalnya, selain menyediakan 'rumah' bagi flora dan fauna yang unik, hutan menyediakan jasa lingkungan

yang bersifat cuma-cuma dalam fungsinya melindungi Daerah Aliran Sungai (DAS), yang aliran sungainya bermanfaat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari penduduk sebagai sumber air minum dan untuk mengairi sawah. Fungsi ini sangat penting bagi kelangsungan mata pencaharian masyarakat di bidang pertanian tanaman pangan dan perkebunan rakyat (kelapa, kemiri, cengkih dan coklat). Hutan juga sangat berperan dalam mengendalikan bahaya erosi dan siklus karbon yang berperanan penting pada perubahan iklim lokal.

Sejumlah jasa lingkungan tersebut sebagian kita nikmati secara gratis, dan manfaatnya juga dirasakan oleh masyarakat luas, bukan hanya di Provinsi Gorontalo, tetapi juga di tingkat nasional dan internasional sebagai kawasan konservasi yang kaya keanekaragaman hayatinya. Namun ketika lingkungan hutan merosot atau rusak, jasa-jasa yang penting bagi kelangsungannya untuk tetap produktif menyediakan barang dan jasa tidak akan bisa dinikmati lagi.

Karena itu keputusan dan tindakan untuk memanfaatkan sumber daya alam secara bijaksana memerlukan basis pengetahuan yang kuat mengenai lingkungan hidup. Khususnya, pengetahuan tentang hubungan saling ketergantungan elemen-elemen di dalamnya yang merupakan fondasi bagi alam untuk menghasilkan berbagai barang dan jasa secara berkelanjutan. Tentunya tugas menyeimbangkan kemampuan lingkungan hidup dalam mendukung pembangunan tidak akan memadai jika hanya diemban oleh para pengambil kebijakan (pemerintah) dan para pemangku kepentingan (*stakeholder*) yang terkait. Karenanya penyeimbangan dan keberlanjutan pembangunan ekonomi harus didukung oleh kekuatan sosial masyarakat yang peduli dan turut serta berperan aktif.

Pendidikan lingkungan bertujuan untuk mendorong semua orang belajar **menghargai kehidupan**. Motivasi dan kemauan untuk menghargai kelestarian dan keseimbangan kehidupan begitu penting, mengingat bahaya kerusakan lingkungan terus kita hadapi. Modal alami pembangunan yaitu sumber daya alam yang terbatas secara nasional dan regional cenderung mengalami penurunan kualitas dan kuantitasnya dari waktu ke waktu. Karena itu saya menyambut kehadiran publikasi ini yang sasarannya untuk menumbuhkembangkan kesadaran dan kepedulian seluruh masyarakat mengenai keterkaitan antara lingkungan hidup dengan berbagai aspek kehidupan ekonomi, sosial-budaya, dan politik sehari-hari di Provinsi Gorontalo.

Saya berharap Buku Panduan ini dapat mendorong anak-anak, kaum muda, para pengajar pendidikan lingkungan hidup di sekolah formal maupun kelompok masyarakat di Gorontalo untuk bersatu membangun komitmen bersama dalam melindungi lingkungan alam yang sangat berharga demi kelangsungan pembangunan ekonomi dan sosial yang giat dilakukan oleh Provinsi Gorontalo.

Wabillahi Taufik Walhidayah, Wassalamu Alaikum Wr. Wb.

Gorontalo, September 2014

Gubernur,

Drs. Hi. RUSLI HABIBIE, M.Ap

Daftar Isi

Ungkapan Penghargaan iii

Sambutan Gubernur Kepala Daerah Provinsi Gorontalo v

Daftar Gambar xi

Daftar Kotak xiv

Daftar Tabel xiv

Pengantar 1

Bagian I: Mengapa Pendidikan Lingkungan Hidup Penting bagi Gorontalo? 3

Bab 1. Landasan Pendidikan Lingkungan 5

1.1 Sejarah pendidikan lingkungan 5

1.2 Tujuan dan sasaran 6

Bab 2. Sejumlah Pertimbangan Pokok Pendidikan Lingkungan Hidup 9

2.1 Pertimbangan hakikat alam 9

2.2 Pertimbangan kelangsungan hidup manusia 11

2.3 Pertimbangan moral atau etika 12

2.4 Pertimbangan psikologis dan pengajaran 14

Bab 3. Ikhtisar Lingkungan Hidup Gorontalo 17

3.1 Keunikan alam 17

3.2 Keunikan fauna dan flora 19

3.3 Dinamika masyarakat 20

Bagian II: Tema Utama: Materi Pemandu Pengajar **23**

Pengantar 25

Bab 4. Tanah 27

4.1 Jenis-jenis tanah 28

4.2 Erosi dan pencemaran tanah 28

4.3 Melindungi kesuburan tanah 30

Bab 5. Air bagi Kehidupan 31

5.1 Siklus atau daur air 31

5.2 Pencemaran air 34

5.3 Pengelolaan air 36

Bab 6. Udara bagi Kelangsungan Hidup 39

6.1 Komposisi dan peran udara 39

6.2 Siklus oksigen dan karbon 39

6.3 Pencemaran udara 40

6.4 Cuaca dan pengaruhnya bagi kehidupan 42

6.5 Perubahan iklim dan peran hutan 44

Bab 7. Keanekaragaman Hayati 49

7.1 Pengertian keanekaragaman hayati 49

7.2 Kepentingan keanekaragaman hayati 50

7.3 Jasa lingkungan hidup 54

7.3.1 Menopang proses-proses alami 54

7.3.2 Menyediakan berbagai barang 56

7.3.3 Memperkaya atau meningkatkan kesejahteraan masyarakat 58

7.3.4 Mengendalikan sejumlah proses alami yang vital 60

Bab 8. Pemicu Perubahan Keanekaragan Hayati 63

8.1 Penyebab langsung 63

8.1.1 Penyempitan atau kehilangan ekosistem atau habitat 64

8.1.2 Pemanenan atau penangkapan yang berlebihan 64
8.1.3 Pencemaran lingkungan 65
8.1.4 Perubahan iklim 67
8.1.5 Penggunaan jenis hewan atau tumbuhan asing 70
8.2 Akar penyebab 71
8.2.1 Peledakan jumlah penduduk 71
8.2.2 Kebijakan pembangunan nasional dan daerah 72
8.2.3 Kondisi pasar dan perdagangan hasil alam 73
Bab 9. Efek Kemerosotan Keanekaragaman Hayati 75
9.1 Efek pada perubahan iklim 75
9.2 Efek pada kehidupan manusia 77
9.3 Efek pada fungsi ekosistem 78
Bab 10. Peduli dan Bertindak: Melestarikan Keanekaragaman Hayati 81
10.1 Perlindungan jenis liar 84
10.2 Perlindungan habitat alami 86
10.3 Mengaitkan koridor dan konservasi di luar habitat alami 87
10.4 Pemulihan habitat 87
10.5 Penelitian lintas bidang ilmu – biologi konservasi 89
10.6 Penegakan peraturan dan hukum 90
10.7 Wirausaha konservasi 91
10.8 Tanggung jawab sosial perusahaan 92

Bagian III: Materi Aktivitas untuk Siswa Sekolah Dasar Kelas 5-6 95
Topik 1. Mengenal Tanah 97
Aktivitas 1: Mengamati unsur penyusun tanah 100
Aktivitas 2: Cacing – Petunjuk kesuburan tanah 101
Aktivitas 3: Hewan kecil di dalam dan di permukaan tanah 102

Aktivitas 4: Erosi – Masalah tanah dan peran tumbuhan 106
Aktivitas 5: Mengenali sampah yang mencemari lingkungan 110
Aktivitas 6: Kegiatan lain yang bisa dilakukan 113
Aktivitas 7: Ayo kita lakukan bersama 114
Topik 2. Air bagi Kehidupan 117
Aktivitas 8: Mengenal perjalanan air 119
Aktivitas 9: Pemanfaatan air sehari-hari 120
Aktivitas 10: Memahami peran hutan dalam siklus air 122
Aktivitas 11: Menyelidiki kegiatan yang mencemari perjalanan air 125
Topik 3. Udara bagi Kelangsungan Hidup 131
Aktivitas 12: Mengenal gas yang memengaruhi kehidupan 132
Aktivitas 13: Memahami gas pencemar udara 136
Aktivitas 14: Efek pencemaran udara pada kesehatan 139
Topik 4. Keanekaragaman Hayati sebagai Fondasi Pembangunan 141
Aktivitas 15: Memahami arti keanekaragaman hayati 144
Aktivitas 16: Mengenal aneka warga hutan tropis 146
Aktivitas 17: Mengenali keanekaragaman hayati di sekitar kita 157
Aktivitas 18: Peran keanekaragaman hayati – berbagai jasa lingkungan 161
Aktivitas 19: Permainan – Berburu di belantara kata keanekaragaman hayati lokal 170
Aktivitas 20: Sejumlah faktor penyebab kemerosotan keanekaragaman hayati 171
Aktivitas 21: Memikirkan pemanfaatan sekarang dan masa depan 173
Aktivitas 22: Bertindak demi kelangsungan hidup 176
Aktivitas 23: Kepentingan keanekaragaman hayati bagi kelangsungan hidup 184
Bahan Rujukan 185
Glosarium 189
Lembar Kunci Jawaban untuk Pengajar 193

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Setiap unsur di alam memiliki hak untuk hidup.

Gambar 2.2 Mengembangkan rasa hormat kepada alam sangat penting dilakukan sejak dini di setiap jenjang pendidikan, baik secara formal maupun informal. Anak-anak SDN 16 Wonosari, Gorontalo – generasi pewaris kekayaan alam unik Gorontalo yang berpotensi menjadi perintis konservasi demi masa depan mereka.

Gambar 3.1 Hewan menyusui seperti Anoa, babirusa, monyet Heki dan kuskus yang menghuni hutan Gorontalo merupakan contoh-contoh utama jenis endemik Sulawesi.

Gambar 3.2 Sketsa kawasan konservasi di Provinsi Gorontalo menunjukkan Suaka Margasatwa Nantu (A) merupakan sumber air Sungai Paguyaman (D). Kawasan Nantu merupakan satu-satunya hutan hujan yang masih utuh di antara dua kawasan konservasi utama lainnya: Cagar Alam Panua (C) dan Taman Nasional Bogani Nani Wartabone (B).

Gambar 3.3 Sungai Paguyaman yang merupakan urat nadi di Provinsi Gorontalo.

Gambar 4.1 Bagian-bagian pembentuk tanah.

Gambar 4.2 Reboisasi dan penanaman pohon merupakan solusi jangka panjang untuk melindungi tanah dan menghentikan erosi. Pembuatan sengkedan dan teras bisa menahan air dan merupakan dasar yang penting bagi reboisasi, penanaman pohon, serta kelestarian kegiatan pertanian.

Gambar 5.1 Diagram sederhana siklus air.

Gambar 5.2 Berbagai bentuk badan air menurut zona ketinggiannya.

Gambar 5.3 Kiri: Eceng gondok yang mendominasi permukaan Danau Limboto sebagai akibat pencemaran air oleh zat hara yang masuk ke danau dari kegiatan pertanian dan perikanan. Kanan: Bentuk tumbuhan eceng gondok.

Gambar 5.4 Capung, salah satu tanda biologis kesehatan air.

Gambar 6.1 Diagram siklus oksigen dan karbon dioksida di udara.

Gambar 6.2 Proses pembentukan awan dan faktor-faktor yang memengaruhinya.

Gambar 6.3 Empat bentuk umum awan.

Gambar 6.4 Proses pemanasan bumi karena efek rumah kaca.

Gambar 7.1 Contoh rantai makanan sederhana di ekosistem sawah (kiri) dan peran masing-masing unsur keanekaragaman hayati sebagai produsen dan konsumen (kanan). Unsur yang mati atau membusuk diuraikan oleh bakteri dan jazad renik lainnya dan bahan yang terurai dikembalikan ke alam, diserap oleh tanah atau tumbuhan.

Gambar 7.2 Contoh rantai makanan sederhana di ekosistem mangrove dan peran masing-masing unsur keanekaragaman hayati sebagai produsen dan beberapa tingkatan konsumen. Unsur yang mati atau membusuk diuraikan oleh bakteri dan jazad renik lainnya dan bahan yang terurai dikembalikan ke alam, diserap oleh tanah atau tumbuhan.

Gambar 7.3 Beberapa rantai makanan berlangsung secara bersamaan membentuk jaring-jaring kehidupan di sawah.

Gambar 7.4 Beberapa rantai makanan berlangsung secara bersamaan membentuk jaring-jaring kehidupan di suatu kolam.

Gambar 7.5 Empat kategori utama jasa lingkungan yang dihasilkan melalui proses interaksi unsur-unsur keanekaragaman hayati di alam.

Gambar 7.6 Pohon sebagai sebuah ekosistem – menyediakan berbagai barang dan jasa yang bermanfaat bagi manusia dan makhluk hidup lainnya.

Gambar 7.7 Lokakarya pelatihan budidaya tanaman coklat untuk meningkatkan mata pencaharian bagi anggota masyarakat di Desa Sari Tani yang berbatasan dengan kawasan konservasi hutan Nantu.

Gambar 7.8 Sistem perakaran pohon di hutan mangrove yang berjasa dalam mengurangi efek erosi dari gelombang pasang surut dan membantu menjaga kestabilan tanah.

Gambar 8.1 Sungai yang tercemar merugikan kesehatan manusia dan kehidupan keanekaragaman hayati di dalamnya.

Gambar 8.2 Bumi yang lelah menanggung beban manusia dan segala keinginan dan kebutuhannya.

Gambar 9.1 Manfaat ganda hutan dalam menyegarkan udara dan menyediakan berbagai barang jasa yang berguna menjadi sirna ketika hutan menjadi gundul dan berubah fungsi secara permanen.

Gambar 10.1 Menyebarluaskan pengetahuan mengenai kekayaan keanekaragaman hayati Gorontalo melalui lokakarya mengembangkan pendidikan lingkungan hidup (atas) dan pembuatan film oleh Tim “Si Bolang Nantu” di SD Negeri Wonosari 16, Gorontalo.

Gambar 10.2 Atas: Pohon kayu putih (*Eucalyptus deglupta*) dan Bawah: Pohon Rao (*Dracontomelum dao*) dengan sistem akar banir yang menjulang tinggi di tengah Suaka Margasatwa Nantu.

Gambar 10.3 Kegiatan penelitian flora di kawasan hutan Nantu oleh tim Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesian menemukan rekor jenis baru untuk Sulawesi, termasuk paku tanduk rusa raksasa *Platycerium grande*. (Foto: James Komolontang)

Gambar 10.4 Dampak penggunaan alat semprot listrik dalam penambangan emas liar pada tanah dan vegetasi di Batuangkobu yang merupakan jantung kawasan Suaka Margasatwa Nantu.

Gambar 10.5 Tempat pembibitan coklat di Dusun Tangga, di perbatasan Hutan Nantu (kiri). Pohon coklat berbuah lebat yang bibitnya merupakan bantuan dari kegiatan penelitian biologi konservasi oleh YANI.

Daftar Kotak

Kotak 8.1 Jenis asing yang berpotensi sebagai bencana lingkungan di Gorontalo.

Kotak 9.1 Karang: tumbuhan, binatang atau batu?

Kotak 10.1 Maleo - Burung unik yang tak berdaya.

Daftar Tabel

Tabel 4.1 Jenis-jenis utama tanah dan ciri-ciri utamanya.

Tabel 5.1 Contoh bahan pencemar utama dan sejumlah efeknya.

Tabel 10.1 Berbagai manfaat hutan alam dan keanekaragaman hayatinya.

Pengantar

Pepatah ”tak kenal maka tak sayang” sangat tepat untuk menjawab pertanyaan mengenai pentingnya pendidikan lingkungan hidup (PLH) bagi kelangsungan hidup dan kesejahteraan masyarakat dunia, khususnya yang berada di Gorontalo.

Kata ”kenal” atau ”mengenal” menjadi kata penentu apakah orang yang ”mengenal” lingkungan hidupnya itu akan ”menyayangi” lingkungan yang menjadi tempat hidupnya atau tidak. Dengan demikian, ”mengenal” bukan hanya sekedar mengetahui informasi tentang lingkungan, tetapi berarti mempedulikan keadaannya dan bersedia bertindak untuk melestarikan dan melindunginya dari segala macam tindakan yang mengancam kelangsungannya.

Karena itu, alasan terpenting pendidikan lingkungan adalah untuk mendorong semua orang belajar ”menghargai kehidupan”. Motivasi dan kemauan untuk menghargai kehidupan begitu penting, mengingat bahaya kerusakan lingkungan terus kita hadapi. Di Indonesia, berita buruk tentang lingkungan, seperti banjir, tanah longsor, penebangan liar, perdagangan satwa liar, pembakaran hutan dan pencemaran sungai merupakan santapan sehari-hari yang disajikan oleh koran, radio, televisi dan internet.

Di tengah berbagai macam ancaman kerusakan atas alam yang menjadi penopang setia kehidupan kita, satu-satunya harapan untuk menjaga kelestariannya ada di tangan manusia. Di antara makhluk ciptaan lainnya, hanya manusialah yang memiliki akal budi dan daya kreasi untuk mengenal alam dengan segala keajaiban dan kerumitannya. Atas dasar pengetahuan yang dimilikinya, manusia jugalah yang memiliki kemampuan untuk menjaga kelangsungan alam atau merusaknya.

Panduan ini terdiri dari dua buku yang dirancang untuk digunakan secara berdampingan. **Buku Petunjuk Guru** yang berisi bahan ajar untuk memandu guru dan pengajar PLH sedangkan **Buku Aktivitas** yang mendampinginya dirancang untuk membantu guru melaksanakan kegiatan praktis yang dilakukan oleh siswa. Keduanya diharapkan dapat mendorong semua pihak: orang tua, guru, siswa dan anggota masyarakat secara luas lainnya untuk bersama-sama mengenali alam Gorontalo.

Mengenali secara mendalam kondisi dan kekayaan alam Gorontalo serta keunikannya merupakan bekal dan fondasi bagi setiap orang untuk mengritisi segala bentuk tantangan yang dihadapinya. Dan yang terpenting pengenalan ini akan mengusik dan mendorong setiap orang untuk membelanya dari segala bentuk kekuatan yang ingin menghancurkannya.

Buku Petunjuk Guru terdiri dari tiga bagian. Bagian I menguraikan sejarah pendidikan lingkungan dan tujuan yang ingin dicapai sebagai landasan PLH (Bab 1) dan empat pertimbangan utama yang mendasari pentingnya memahami PLH sebagai strategi untuk mencapai pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan (Bab 2), dan Bab 3 menyajikan konteks lingkungan lokal Gorontalo secara umum.

Bagian II mengulas tema-tema utama bahan acuan secara singkat bagi para pengajar dan Bagian III menyajikan materi untuk aktivitas pendukung yang dapat dilakukan siswa, baik di rumah maupun di sekolah. Daftar Rujukan yang dicantumkan dimaksudkan untuk memandu pembaca yang tertarik untuk mempelajari lebih lanjut topik-topik yang menarik perhatiannya. Di akhir buku ini dicantumkan Glosarium singkat mengenai penjelasan tambahan untuk membantu memahami beberapa istilah teknis yang digunakan dalam buku ini.

Bagian I

Mengapa Pendidikan Lingkungan Penting bagi Gorontalo?

Bab 1.

Landasan Pendidikan Lingkungan Hidup

1.1. Sejarah pendidikan lingkungan

Pengakuan resmi mengenai pentingnya pendidikan lingkungan hidup (PLH) di Indonesia lahir segera setelah pertemuan global mengenai **Manusia dan Lingkungan tahun 1972** di Kota Stockholm, Swedia. Kesepakatan untuk mengembangkan pendidikan lingkungan sebagai bagian dalam proses pendidikan dasar sampai pendidikan tinggi didorong oleh masalah kemerosotan dan kerusakan lingkungan secara global yang dipandang akan membahayakan kelangsungan hidup manusia dan alam yang mendukungnya.

Langkah konkret pertama setelah pertemuan global tersebut adalah lokakarya internasional di Beograd, Yugoslavia tahun **1975** tentang PLH. Konferensi ini melahirkan kerangka global untuk PLH, dengan tiga tujuan utama. **Tujuan pertama** adalah **Meningkatkan kesadaran dan kepedulian** mengenai keterkaitan lingkungan hidup dengan aspek ekonomi, sosial, politik di perkotaan maupun pedesaan. **Memberi kesempatan bagi setiap orang** untuk mendapatkan pengetahuan dan keterampilan sehingga dapat mengembangkan sikap/perilaku, motivasi dan komitmen untuk bekerja secara individu dan kolektif dalam mengatasi masalah lingkungan sekarang dan mencegah munculnya masalah baru merupakan **tujuan yang kedua**.

Kedua tujuan ini menjadi landasan bagi pencapaian **tujuan ketiga**, yaitu **Menciptakan satu kesatuan pola perilaku baru** bagi individu, kelompok, dan masyarakat terhadap lingkungan hidup.

Kerangka yang disepakati ini menjadi acuan bagi bangsa-bangsa di seluruh dunia mengembangkan PLH di negara masing-masing, termasuk Indonesia. Pada tahun yang sama IKIP Jakarta merintis pengembangan PLH dengan menyusun Garis-garis Besar Program Pengajaran Pendidikan Lingkungan Hidup yang diujicobakan di berbagai SD Jakarta tahun 1977/1978. Lalu tahun **1979** sejumlah Pusat Studi Lingkungan (PSL) dibentuk di berbagai perguruan tinggi negeri dan swasta di seluruh Indonesia. Fokus utama PSL waktu itu adalah mengembangkan kemampuan menganalisis berbagai dampak lingkungan akibat kegiatan pembangunan (disebut AMDAL) yang dikoordinasi Menteri Negara Pengawasan Pembangunan dan Lingkungan Hidup (Meneg-PPLH). Untuk mendukung kemampuan AMDAL ini PSL mengembangkan dan membentuk program atau kursus pendidikan lingkungan. Kursus ini bukan hanya memberikan informasi mengenai kondisi lingkungan, yaitu kondisi awal sebelum suatu kegiatan pembangunan dilakukan, tetapi juga mengantisipasi dampak dan

menyiapkan berbagai tindakan untuk mengatasi kemungkinan dampak yang muncul.

Lalu tahun **1984** PLH di tingkat pendidikan dasar dan menengah mulai dipadukan dengan semua mata pelajaran dalam kurikulum nasional. Dan sejak itu berbagai pelatihan tentang PLH telah diperkenalkan oleh Departemen Pendidikan Nasional bagi guru-guru di jenjang pendidikan dasar dan menengah. Prakarsa pengembangan PLH juga dilakukan oleh berbagai LSM, yang pada tahun 1996 membentuk Jaringan Pendidikan Lingkungan (JPL) bagi siapa saja yang berminat dengan pendidikan lingkungan. Hingga sekarang jaringan ini terus aktif mengembangkan PLH di Indonesia. Tahun 1996 Pemerintah pusat secara resmi mengeluarkan Kesepakatan Bersama antara Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dan Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 0142/U/1996 dan Keputusan No 89/MENLH/5/1996 tentang Pembinaan dan Pengembangan Pendidikan Lingkungan. Selain itu pengembangan dan pemantapan pelaksanaan PLH di sekolah juga terus digalakkan, antara lain melalui penataran guru, promosi bulan bakti lingkungan, penyiapan Buku Pedoman Pelaksanaan Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup (PKLH) untuk para guru di sekolah dasar dan menengah, program sekolah asri dll. Banyak juga kegiatan pendukung lainnya yang dilakukan pemerintah, LSM, dan perguruan tinggi dalam mengembangkan PLH melalui seminar, lokakarya, penataran guru, dan penyusunan modul-modul integrasi PLH ke dalam kurikulum sekolah.

Pada bulan Juli 2005, Menteri Lingkungan Hidup dan Menteri Pendidikan Nasional mengeluarkan SK bersama 07/MenLH/06/2005 No 05/VI/KB/2005 mengenai pembinaan dan pengembangan pendidikan lingkungan hidup. Di dalamnya ditekankan bahwa PLH dilakukan secara terpadu dengan mata ajaran yang telah ada.

Sejauh mana pelaksanaan PLH telah dievaluasi, khususnya di daerah, tidak banyak informasi yang dapat dibagikan di sini. Namun yang jelas, dalam pelaksanaannya selama ini, khususnya di daerah seperti Gorontalo, banyak kendala yang dihadapi. Kendala utamanya adalah belum tersedianya bahan yang relevan untuk membantu guru di tingkat pendidikan dasar memahami keberadaan lingkungan hidup lokal dan kondisinya pada saat ini. Khususnya, bahan ajar yang memadukan PLH dengan pelajaran utama seperti membaca, berhitung dan ketrampilan bahasa dan menulis dan bekerja dalam kelompok masih belum ada. Umumnya pendidikan lingkungan hidup masih diperlakukan sebagai 'bahan tambahan' di luar mata ajaran baku dalam kurikulum sekolah dan tidak mendorong guru dan siswa melihat kaitan langsungnya dengan sejumlah masalah lingkungan hidup yang dihadapi di daerah. Kendala-kendala ini membuat pelaksanaan pendidikan lingkungan hidup masih jatuh dari harapan yang tersurat dalam SK bersama di atas.

1.2. Tujuan dan sasaran

Mengikuti kerangka dasar PLH yang lahir di Beograd empat dekade lalu, tiga tujuan utama PLH masih tetap relevan untuk diterapkan di Gorontalo. **Meningkatkan kesadaran dan kepedulian** setiap anggota masyarakat mengenai keterkaitan antara lingkungan hidup dengan berbagai aspek kehidupan sehari-hari (ekonomi, sosial-budaya, dan politik) sangat diperlukan karena sejumlah alasan.

Pertama, karena penyebab atau pemicu suatu masalah lingkungan hidup yang dihadapi Gorontalo umumnya berasal dari berbagai sumber. Demikian juga akibatnya sering tidak hanya dalam satu wujud. Misalnya, masalah banjir yang semakin intensif tidak hanya disebabkan oleh selokan yang tidak berfungsi atau tersumbat sampah. Penyebabnya dapat ditelusuri dari penebangan hutan dalam skala luas tanpa penanaman kembali. Hal ini tidak

hanya membuat tanah terpapar curah hujan namun kemampuannya untuk menyerap air jauh berkurang. Sementara itu erosi tanah dan sedimentasi membuat sungai-sungai menjadi lebih dangkal dan kemampuannya untuk menampung curah hujan jauh berkurang. Akibatnya tidak hanya air meluap ketika musim hujan tetapi juga sungai-sungai mengering karena jumlah air yang tersimpan di dalam tanah sangat berkurang.

Kedua, dalam mencari solusi masalah lingkungan diperlukan kejelian untuk memahami saling keterkaitan antara faktor sosial, ekonomi dan lingkungan. Kejelian ini menjadi kunci penentu bagi anggota masyarakat untuk memampukan mereka memberi masukan kepada para pengelola kegiatan pembangunan apakah suatu kegiatan pembangunan yang berlangsung di Gorontalo itu berkelanjutan atau tidak. Keterlibatan aktif anggota masyarakat ini sangat membantu bagi para pemimpin yang keputusannya memengaruhi kehidupan orang banyak.

Tiga tujuan PLH

1. Meningkatkan kesadaran dan kepedulian
2. Mengembangkan keterampilan, motivasi dan komitmen
3. Menggalang kesatuan perilaku baru yang peduli lingkungan

Buku Panduan ringkas ini tentunya tidak menyeluruh dalam mencapai tujuan pertama tersebut. Namun ini merupakan langkah awal dalam memberi **kesempatan bagi setiap orang** untuk mengembangkan keterampilan. Pengetahuan seseorang tentang lingkungan lokal dan kepedulian atas kondisinya (misalnya terancam oleh kegiatan tertentu) diharapkan dapat mendorongnya untuk menjelaskan, menularkan, mengembangkan sikap/perilakunya kepada orang lain.

Semangat untuk bertindak atas dasar pengamatan yang obyektif, menelusuri penyebabnya, bermotivasi dan berkomitmen untuk mengambil tindakan secara pribadi dan bersama orang lain merupakan modal sosial yang sangat mementukan keberhasilan dalam mengatasi masalah lingkungan sekarang dan mencegah munculnya masalah baru.

Tentunya karena buku panduan ini ditujukan bagi para guru di jenjang pendidikan dasar, merekalah yang mendapatkan kesempatan pertama untuk mendapatkan pengetahuan lingkungan hidup lokal dalam kemasan sederhana ini. Nantinya, evaluasi atas bahan ini diharapkan menjadi dasar untuk mengembangkannya ke semua jenjang pendidikan.

Pada akhirnya, tujuan akhir yang ingin dicapai melalui PLH adalah mendorong **terciptanya pola perilaku baru** bagi individu, kelompok, dan masyarakat yang peduli atas lingkungan hidup setempat. Tujuan ini akan dicapai ketika para siswa belajar mengenai lingkungan hidup Gorontalo sebagai bagian yang terkait erat dengan kehidupan mereka sehari-hari. Misalnya, ketika belajar mengenai fungsi tumbuhan siswa tidak hanya menghafalkan bagian-bagian tumbuhan dan gunanya agar mendapat nilai bagus dalam ulangan atau ujian.

Dengan ketrampilan menggunakan bahasa dan menulis siswa dapat menceritakan bagaimana tumbuhan memengaruhi kehidupan keluarga atau masyarakat di mana mereka tinggal. Mengamati variasi bentuk permukaan batang, bentuk daun dan pencabangan dapat memberi inspirasi kepada siswa untuk menghargai lingkungan lokal mereka. Karena mereka memahami fungsi tumbuhan dan manfaatnya bagi kehidupan, dan keasrian taman yang menyejukkan, mereka akan belajar membelanya ketika ada tindakan yang merusaknya dan tergugah untuk terlibat dalam menjaganya.

Sekolah merupakan lembaga yang strategis untuk melakukan perubahan sosial. Sesuai pengetahuan yang mereka miliki, kepedulian yang terus dikembangkan oleh para guru dan siswa dan penerapan keduanya dalam mengatasi suatu masalah lingkungan nyata menjadi contoh perintis dalam mewujudkan pola perilaku yang simpatik pada lingkungan. Ketika pola perilaku baru seperti ini dilipatgandakan di sekolah-sekolah lain atau di kota, provinsi dan negara lain, manfaatnyapun akan meluas. Akhirnya ketika rasa hormat pada alam dan lingkungan menjadi bagian hidup sehari-hari masyarakat, komunitas manusialah yang paling merasakan manfaatnya.

Bab 2.

Sejumlah Pertimbangan Pokok Pendidikan Lingkungan Hidup

Pertimbangan yang dominan untuk PLH bersifat **praktis**, yaitu karena kelangsungan hidup manusia sebagian besar bergantung kepada kemampuan alam untuk menghasilkan barang dan jasa lingkungan serta menyerap sampah hasil kegiatan manusia. Alasan atau landasan utama berbagai upaya melindungi manfaat alam atau mencegah kerusakannya adalah karena alam bermanfaat bagi kesejahteraan manusia.

Namun sesungguhnya pertimbangan yang lebih mendasar adalah karena setiap unsur atau bagian alam memiliki peran yang unik. Keunikan ini terlepas dari apakah suatu unsur alam itu bermanfaat atau tidak bagi manusia. Alasannya adalah karena manusia hanya dapat menikmati alam jika, dan hanya jika, alam itu menikmati haknya untuk ada dan melakukan fungsinya. Tanpa prasyarat ini manusia tidak dapat menikmati manfaat dari beragam fungsi alam.

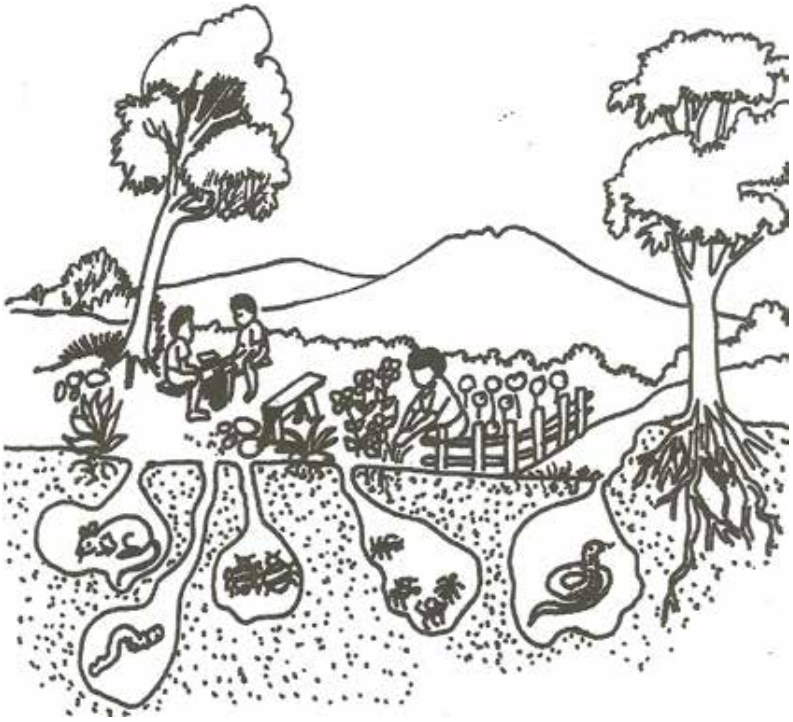
Dalam bagian berikut diuraikan empat pertimbangan perlunya PLH yang terarah demi tercapainya ketiga tujuan utama yang diuraikan di atas.

2.1 Pertimbangan hakikat alam

Alam dengan segala isinya dan interaksi unsur-unsurnya yang sangat rumit sudah ada sebelum manusia menghuni bumi. Kisah penciptaan alam merupakan bagian penting dalam berbagai budaya masyarakat dan tradisi berbagai agama di seluruh penjuru dunia, termasuk di Gorontalo yang mayoritas penduduknya beragama Islam. Karena itu sebagai suatu kesatuan, alam dan setiap unsur atau bagian di dalamnya memiliki hak untuk ada, hak asasi atau hak mendasar untuk hidup dan melakukan fungsinya, tanpa harus bermanfaat atau tidak bagi manusia.

Pertimbangan ini menjadi dasar bagi banyak organisasi pelestarian alam untuk melindungi satwa liar, habitat dan ekosistem dari ancaman kegiatan manusia. Namun pertimbangan ini sering diabaikan atau terbenam dan dilupakan. Sementara alasan yang lebih ditonjolkan adalah pelestarian itu perlu karena alam berguna bagi manusia.

Sesungguhnya alam dan isinya berhak dilindungi karena mereka tidak punya 'suara' atau kekuatan menolak kegiatan manusia yang mengancamnya. Misalnya, di mata masyarakat Gorontalo, Anoa dan burung Maleo jelas memberi manfaat sebagai sumber daging dan telur, terutama di masa lalu. Namun tidak demikian halnya dengan monyet Heki dan babirusa. Sebagai bagian dari ekosistem hutan, kedua jenis satwa liar ini pasti punya peran,



Gambar 2.1 Setiap unsur di alam memiliki hak untuk hidup (Sumber Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Tanah dan Lahan. Hanns Seidel Foundation).

namun belum sepenuhnya kita mengerti dan mungkin tidak memberikan manfaat ekonomi secara langsung bagi manusia.

Kawanan babirusa atau satwa liar lainnya tidak mungkin melawan sendiri berbagai kegiatan yang mengancam hidupnya, seperti senapan pemburu yang menjual dagingnya, atau gergaji mesin (*chainsaw*) para penebang liar, atau penambang liar yang mengoyak tempat mereka hidup. Agar bertahan hidup dan mampu berbiak, babirusa dan Anoa memerlukan hutan alami yang menyediakan sumber buah liar dan umbi-umbian yang hidup di hutan, dan air asin untuk mencerna makanan mereka. Ketika jumlah mereka berkurang akibat penangkapan dan habitat mereka hancur atau berubah, mereka tidak bisa terus hidup (lihat buku *Tempat Istimewa di Dalam Hutan*). Selanjutnya, ketika pelanggaran hak alam untuk hidup berlanjut tanpa ada perhatian dari manusia, maka kepunahan satwa liar pasti terjadi.

Kerugian kepunahan ini bukan hanya ditanggung oleh masyarakat Gorontalo tetapi juga masyarakat dunia. Mengapa? Karena kedua contoh hewan liar ini hanya ada di Sulawesi saja dan tidak ada di tempat lain di dunia. Dan ketika mereka punah, tidak ada yang dapat memulihkan atau menciptakannya lagi. Selain itu, semua fungsi yang mereka perankan di alam (baik yang sudah diketahui maupun yang belum) juga akan lenyap.

Padahal sesungguhnya kita tahu ketika alam dalam kondisi 'sehat' dan dapat melakukan fungsinya, manusia jugalah yang akan menikmati manfaatnya. Sebaliknya, ketika alam murka akibat ulah manusia, kerugiannya akan ditanggung manusia juga.

Karena itu pelestarian hutan alam seperti di Suaka Margasatwa Nantu dan Taman Nasional Bogani Nani Wartabone di Provinsi Gorontalo merupakan upaya masyarakat yang bertanggung jawab untuk menghormati hak asasi alam sehingga alam dapat terus melakukan fungsinya. Karena itulah PLH diperlukan agar dorongan dan komitmen segala lapisan masyarakat untuk menghargai hak alam dapat terus ditingkatkan. Demi alam, demi kita semua!

2.2 Pertimbangan kelangsungan hidup manusia

Dalam bagian **Sejarah PLH** di atas disebutkan bahwa salah satu tujuan PLH adalah untuk mencegah dan mengatasi kerusakan alam sebagai akibat kegiatan manusia. Menurut Laporan *The Millennium Ecosystem Assessment* (Penilaian Ekosistem Milenium, 2005) proses kerusakan ini jauh lebih cepat dan mencakup kawasan yang luas dalam waktu yang jauh lebih singkat daripada ratusan tahun lalu. Kepunahan satwa liar juga telah terjadi di Gorontalo. Contohnya, jenis-jenis kelelawar hutan dan ikan yang dulu melimpah di danau-danau dan sungai-sungai yang sekarang tidak ada lagi. Demikian pula Anoa dan burung Maleo yang semakin menyusut jumlah populasi dan habitatnya; tumbuhan liar seperti jenis-jenis rotan dan pohon penghasil kayu bangunan juga semakin langka karena ditebangi terus tanpa ditanami lagi.

Dalam buku ini diperlihatkan berbagai contoh manfaat keanekaragaman hayati yang menjadi andalan dalam pemenuhan kebutuhan hidup manusia, khususnya masyarakat pedesaan di sekitar hutan. Keberadaan keanekaragaman hayati di alam tidak hanya menyediakan sumber bahan pangan, bahan bangunan dan obat-obatan, tetapi juga menyediakan kesempatan untuk pendidikan dan penelitian serta kebutuhan rekreasi yang semuanya memengaruhi kesejahteraan dan kualitas hidup masyarakat.

Pemenuhan sejumlah kebutuhan pokok tersebut hanya dapat berlangung karena adanya hubungan timbal balik antara manusia dan keanekaragaman hayati. Hubungan saling

Gambar 2.2 Mengembangkan rasa hormat kepada alam sangat penting dilakukan sejak dini di setiap jenjang pendidikan, baik secara formal maupun informal. Anak-anak SDN 16 Wonosari, Gorontalo – generasi pewaris kekayaan alam unik Gorontalo yang berpotensi menjadi perintis konservasi demi masa depan mereka. (Foto Michel Gunther, SOS).

ketergantungan antara unsur-unsur alam merupakan fondasi bagi suatu **ekosistem** agar dapat memerankan beragam fungsinya. Jelas manusia merupakan bagian yang tak terpisahkan di dalam ekosistem ini. Manusia bukan sekedar menerima manfaat alam secara pasif, tetapi melalui kegiatannya bisa berpengaruh baik atau buruk pada alam. Lebih lanjut, hubungan ini tidak hanya berlangsung antara manusia sebagai individu, tetapi juga sebagai kelompok. Misalnya, sekolah, atau kelompok petani, sebuah desa, suatu kabupaten, atau suatu negara. Karena itu, tatanan sosial, ekonomi dan politik dalam setiap kelompok dalam skala yang berbeda juga memengaruhi hubungan timbal balik ini.

Karena alasan-alasan di atas PLH yang diberikan secara terarah sesuai dengan kemampuan berpikir dan kesempatan mengembangkan rasa hormat kepada alam sangat penting dilakukan di setiap jenjang pendidikan, baik secara formal maupun informal. Pada dasarnya, kelangsungan alam yang sekarang kita nikmati adalah karena nenek-moyang kita tidak memporak-porandakan alam. Mereka merawat alam dan segala jasanya sehingga dapat mewariskannya kepada kita.

Karena itulah PLH merupakan wujud tanggung jawab masyarakat sekarang yang peduli dengan keberlanjutan generasi mendatang. Pendidikan ini penting dilaksanakan dengan muatan informasi lingkungan lokal, dan kaitannya dengan lingkungan yang lebih luas dan bahkan secara global karena alam dengan segala keragamannya bukan milik generasi sekarang saja, tetapi adalah warisan dari generasi sebelumnya yang kita nikmati manfaatnya sekarang tetapi juga harus diwariskan untuk generasi mendatang. Pengetahuan, kepedulian dan perilaku positif terhadap alam paling sedikit menjadi tanda bahwa generasi sekarang akan mewariskan lingkungan hidup yang paling sedikit sama baiknya dengan yang dinikmati generasi sekarang.

2.3 Pertimbangan moral atau etika

Dalam tiga dekade terakhir ini para ahli menunjukkan hubungan yang semakin jelas antara kegiatan manusia dan berbagai bencana dan kerusakan lingkungan. Semakin meningkat pula kesadaran bahwa mengandalkan kemajuan teknologi tidak cukup untuk mengatasi masalah-masalah lingkungan tanpa didampingi nilai-nilai moral atau etika.

Para pemikir Islam menekankan bahwa ajaran Islam yang ramah lingkungan menawarkan kekuatan moral yang perlu digalakkan di kalangan penganutnya. Karenanya, memahami landasan moral dan motivasi rohani yang lahir dari pemahaman ini sangat penting dalam mendorong umat Islam terlibat dalam pelestarian alam dan kegiatan pembangunan yang menjamin kelestarian fungsi alam.

Sebagaimana aspek-aspek lain kehidupan manusia, Al Qur'an and Al Hadits merupakan landasan berpikir dan bertindak bagi umat Islam dalam mengatasi sejumlah persoalan lingkungan. Di Gorontalo, yang mayoritas masyarakatnya beragama Islam, paling sedikit ada tiga prinsip utama dalam Al Qur'an yang merupakan landasan bagi perlunya PLH.

Pertama, manusia dan bumi beserta segala isinya (makhluk hidup dan lingkungan fisik) adalah suatu sistem yang hidup dan yang kelangsungannya bergantung pada interaksi saling ketergantungan yang rumit. Semua ini tidak berjalan sendiri tetapi merupakan ciptaan Allah sang Khalik. Dalam Surat Al Baqarah (2:29) Allah SWT berfirman: "Dia-lah Allah,

yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu...". Ajaran Islam memperlakukan bumi yang kita huni sebagai ciptaan Allah dan karena itu Allahlah pemiliknya.

Kedua, alam itu diciptakan dan setiap unsurnya memiliki fungsi yang unik dengan tujuan yang baik. Salah satunya adalah untuk memenuhi kebutuhan hidup demi kelangsungan manusia, namun fungsinya secara lengkap belum diketahui. Walaupun demikian Surat Al Anbia (21:16 dan 27) memberikan petunjuk "Dan tidaklah Kami ciptakan langit dan bumi dan segala yang ada di antara keduanya dengan bermain-main.... Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka."

Ketiga, manusia adalah ciptaan Allah SWT yang diberi akal budi dan kepercayaan atas bumi dan segala isinya, sebagai wali atau khalifah. Misalnya dalam Surah 2:30 dan Surah 45: 13 "Segala yang di langit dan di bumi ditundukkan oleh Allah kepada manusia." Keunggulan manusia ini diberikan agar manusia dapat mengembangkan akal budi (ijtihadnya) untuk melakukan kegiatan yang bermanfaat tanpa bertentangan dengan larangan dalam Al Qur'an dan Hadits. Fungsi sebagai khalifah ini hanya dapat berlangsung jika manusia mampu mengembangkan cara-cara, termasuk aturan praktis atau fiqih yang menghargai martabat alam. Karenanya, melindungi dan merawat bumi merupakan kewajiban bagi setiap Muslim. Bahkan dapat ditegaskan bahwa manusia tidak dapat menunaikan ibadat dan amal sosial dengan tenang jika lingkungan buruk atau rusak.

Prinsip *keempat* terkait erat dengan ketiga prinsip sebelumnya. Dalam Islam, bumi dan segala isinya adalah berkah, *ni'mah* atau hadiah yang diberikan kepada manusia. Namun pemanfaatannya harus ditandai rasa hormat atas martabatnya. Dalam Surat Nuh 71:17-20 dikatakan: "Dan Allah menumbuhkan kamu dari tanah, tumbuh (berangsur-angsur). Kemudian Dia akan mengembalikan kamu ke dalamnya (tanah) dan mengeluarkan kamu (pada hari kiamat) dengan pasti. Dan Allah menjadikan bumi untukmu sebagai hamparan. Agar kamu dapat pergi kian kemari di jalan-jalan yang luas di bumi itu." Intinya, karena manusia diciptakan dari tanah – bahan yang bersumber pada alam – maka manusia harus memperlakukan alam dengan kebaikan dan rasa hormat.

Berdasarkan keempat alasan etis tersebut, maka perlindungan, pelestarian dan pemanfaatan alam dan sumber daya di dalamnya merupakan amanah atau mandat bagi setiap umat Muslim. Dan komitmen untuk melakukannya secara konsisten lahir dari rasa tanggung jawab setiap individu kepada Allah sang Khalik dan untuk melindungi diri sendiri serta masyarakat luas.

Perubahan sikap dan perilaku yang didasarkan atas keempat pertimbangan etika tidak akan muncul dengan sendirinya. Setiap orang, baik anak-anak atau orang dewasa perlu belajar dan melihat contoh penerapannya dari orang lain. Khususnya, anak-anak memerlukan teladan dari orang dewasa, terutama dari orang dewasa yang dekat dengan mereka.

Misalnya, perilaku hemat atau tidak boros menggunakan sumber daya alam dan tidak melakukan perbuatan yang merusak alam jarang merupakan inisiatif sendiri. Anak-anak mau melakukannya karena mereka mengerti alasannya dan melihat orang lain melakukannya. Mereka belajar peduli dan ikut terlibat dalam kegiatan pemulihan alam yang rusak atau tercemar karena tindakan mereka menumbuhkan rasa percaya diri bahwa dirinya mampu berbuat sesuatu yang positif bagi lingkungan di luar mereka sendiri.

Secara rohani, perubahan sikap dan tindakan ramah kepada alam adalah wujud ketaatan atas perintah Allah SWT atas firman yang mengatakan: *'Lakukanlah hal-hal yang baik, sebagaimana Allah telah memperlakukanmu* (Surah 28:77). Karenanya, pertimbangan moral atau etika merupakan fondasi PLH bagi umat Islam untuk menerapkan pola hidup yang menghargai alam, yang dipupuk dan penerapannya ditantang melalui persoalan-persoalan lingkungan lokal.

2.4 Pertimbangan psikologis dan pengajaran

Untuk mencapai tujuan umum PLH, yaitu menumbuhkan sikap dan tindakan yang menghormati alam, ada pertanyaan mendasar yang perlu dijawab. Sejauh mana seorang anak dapat menyadari keberadaan lingkungan dan bagaimana mereka menerimanya sesuai dengan perkembangan jiwa dan daya pikir mereka. Para ahli psikologi pendidikan mengatakan bahwa anak-anak akan berinteraksi aktif dengan lingkungan hidup jika mereka merasakan kepuasan dari interaksi ini. Maka pertanyaan berikutnya adalah dengan cara apa anak-anak dapat terbentuk sikap ramahnya terhadap alam dan bagaimana memupuknya?

Menurut para ahli PLH, ada dua faktor penting yang menentukan keberhasilan PLH. Faktor pertama berasal dari dalam diri anak-anak sendiri dan faktor yang kedua berasal dari luar anak. Masing-masing faktor ini akan diulas ringkas. Faktor di dalam diri anak antara lain adalah daya tangkap anak untuk belajar tentang alam di sekitar mereka, yaitu untuk memakai semua panca inderanya dalam berinteraksi dengan alam, dan bertindak nyata sesuai kemampuan mereka.

Kemampuan anak untuk belajar secara efektif sangat dipengaruhi oleh pelibatan panca inderanya. Seiring bertambahnya usia anak, daya tangkap yang terutama diperoleh dari meraba, mencium dan merasakan suatu obyek semakin berkembang dengan kemampuannya untuk melihat dan mendengar. Pelibatan panca indera dalam PLH sangat mendasar, karena melaluinya anak-anak mengembangkan daya pikir atau kemampuan intelektualnya. Tentunya kemampuan ini akan terus berkembang sepanjang hidupnya.

Dengan kata lain, pelibatan panca indera dalam PLH membuka kesempatan kepada anak-anak untuk berinteraksi dengan alam dan merasakan dirinya sebagai bagian dari alam. Interaksi ini juga menyediakan ruang lingkup bagi anak untuk bertindak. Misalnya, anak-anak mendapat pengetahuan mengenai saling keterkaitan antara unsur-unsur alam sehingga mampu memahami kehidupan di dalamnya.

Memang pelajaran mengenai alam dapat dihafalkan dan siswa mungkin bisa menjawab soal-soal ulangan atau ujian dengan baik. Namun tanpa kesempatan untuk bertindak atas dasar pengetahuan yang dimilikinya, pengetahuan itu hanya bersifat abstrak dan membuat anak merasa asing dengan lingkungannya. Sikap anak-anak kepada alam tidak terdorong untuk berubah dan hanya berupa pengetahuan di kepala saja.

Pendidikan lingkungan hidup yang berorientasi pada pengembangan keterampilan dan tindakan mendorong anak-anak melihat kaitan erat antara yang mereka pelajari dan mengapa diperlukan tindakan untuk menerapkan apa yang mereka pelajari itu. Misalnya, di kelas mereka belajar tentang **jasad renik** (organisme mikro) yang membusukkan sampah tumbuhan. Sampah organik membusuk tetapi sampah plastik tidak akan membusuk bahkan selama ribuan tahun. Selain merusak keasrian lingkungan, sampah plastik bisa menjadi malapetaka bagi manusia kalau perilaku membuang sampah plastik tidak berubah.

Anak-anak bisa melihat dan merasakan, dan pengetahuan mengenai sifat sampah plastik ini menjadi dasar untuk bertindak sesuai dengan pelajaran ini. Mereka diajar untuk membuang sampah plastik di tempat yang disediakan di rumah atau di sekolah. Karena satu-satunya cara melenyapkan sampah plastik adalah dengan mendaur ulang atau membakarnya, maka secara pribadi dan bersama orang lain siswa didorong untuk bertindak mengatasinya. Namun yang perlu ditekankan adalah bagaimana mereka bisa bertindak preventif dengan mengurangi pemakaian plastik dalam kehidupan sehari-hari. Langkah selanjutnya adalah membiasakan tindakan ini, baik secara pribadi maupun bersama orang atau lembaga masyarakat lainnya.

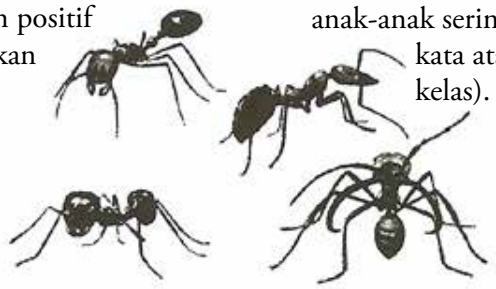
Jadi, melalui pelajaran di kelas, pengamatan di luar kelas dan pengalaman serta latihan bertindak sesuai dengan kemampuan anak, mereka belajar secara berangkai, yaitu menggunakan panca indera, terlibat secara emosi, memahami secara intelektual dan terampil menerapkan pengetahuannya dalam tindakan nyata. Mereka memahami alasan mengapa mereka perlu mengambil tindakan atas masalah yang ada di lingkungan mereka, dalam contoh ini adalah sampah. Artinya, lingkungan setempat menjadi wadah bagi mereka mendapatkan pengalaman hidup. Cara belajar seperti ini menjadi dasar yang kokoh dalam membentuk sikap ramah lingkungan. Dan ketika hal ini berulang dan dipupuk dalam keseharian anak, maka akan mendorong kemandirian dalam berpikir, bersikap dan bertindak.

Di sinilah faktor yang berasal dari luar diri anak-anak diperlukan untuk mengukuhkan apa yang telah mereka pelajari. Umumnya, hubungan emosi yang kuat dengan orang dewasa (terutama guru dan orang tua di rumah) sangat mendukung kemampuan dan motivasi anak untuk mengulang tindakan positif yang mereka tahu diharapkan dan didukung oleh orang dewasa yang penting di mata anak.

Misalnya, sikap menyayangi binatang. Motivasi anak melakukannya mungkin karena mereka melihat orang dewasa yang dekat dengan mereka berperilaku demikian. Mereka mungkin juga diajar bahwa binatang itu ciptaan Tuhan dan tidak boleh disakiti. Hewan juga menderita kalau disakiti, termasuk kalau rumah tempat tinggalnya dirusak atau mereka digusur (seperti babirusa yang habitatnya rusak karena penebangan liar atau diburu untuk dijual dagingnya). Anak-anak bisa merasakan kalau mereka diperlakukan demikian pasti akan menderita. Karena itu kalau mereka melihat teman-teman atau orang dewasa lainnya menembaki burung sekedar untuk hobi, atau menyiksa binatang, mereka akan protes.

Selain itu faktor dari luar yang mendorong perilaku positif anak terhadap lingkungan adalah pujian yang layak dari orang dewasa atas upaya mereka, meskipun tidak sempurna. Kebiasaan untuk lebih banyak memuji upaya anak untuk melakukan hal-hal positif mungkin perlu dibiasakan daripada selalu mengritik dan memarahi anak.

Faktor dari luar yang penting lainnya adalah strategi penyampaian tema-tema PLH yang diintegrasikan dengan mata pelajaran lain di sekolah, yang berorientasi pada situasi lokal dan mendorong anak untuk menerapkannya dalam tindakan praktis. Namun faktor-faktor yang di luar diri anak ini akan lebih efektif lagi ketika orang dewasa, terutama yang memiliki ikatan emosi yang kuat dengan anak-anak (dihormati dan bukan ditakuti) menjadi figur panutan yang penting. Dalam kenyataan, tindakan orang dewasa yang konsisten menjadi contoh bagi anak-anak sering lebih manjur daripada kata-kata atau pengajaran mereka (di depan kelas).



Bab 3.

Ikhtisar Lingkungan Hidup Gorontalo

3.1 Keunikan alam

Pulau Sulawesi telah memukau para ilmuwan selama ratusan tahun. Salah satunya adalah penjelajah alam berkebangsaan Inggris, bernama Alfred Russell Wallace, yang bekerja puluhan tahun untuk mempelajari kehidupan tumbuhan dan binatang di berbagai penjuru dunia pada pertengahan abad ke-19.

Ketika menjelajahi kawasan Nusantara dan singgah beberapa tahun di Sulawesi Wallace menemukan bahwa sejarah geologi Sulawesi, Kepulauan Maluku dan Kepulauan Nusa Tenggara serta pulau-pulau kecil di sekitarnya bersifat unik. Setelah menyelesaikan ekspedisinya, tahun 1869 Alfred Wallace menuliskan hasilnya dalam buku yang sangat terkenal "The Malay Archipelago". Sampai sekarang buku ini merupakan rujukan utama mengenai lingkungan hidup di bagian dunia ini yang kemudian dikenal sebagai kawasan "Wallacea" untuk mengenang jasanya.

Fragmen daratan yang sekarang membentuk Kawasan Wallacea terpisah dari daratan utama Asia sekitar 200 juta tahun lalu dan berada di persimpangan wilayah biogeografis Asia bagian tenggara dan Australasia. Kawasan ini memiliki kesamaan ciri iklim, tanah, dan evolusi alam yang unik. Karena itu sejumlah hewan dan tumbuhan dari Asia dan Australasia terdapat di sini tetapi juga banyak jenis yang berevolusi sendiri di kawasan ini dan tidak terdapat di bagian lain manapun di dunia. Jenis-jenis seperti ini secara ilmiah dikenal sebagai **jenis-jenis endemik.** Karena itulah Kawasan Wallacea memiliki tingkat endemisme hewan dan tumbuhan yang luar biasa tinggi sehingga kelestariannya sangat penting bagi masyarakat dunia.

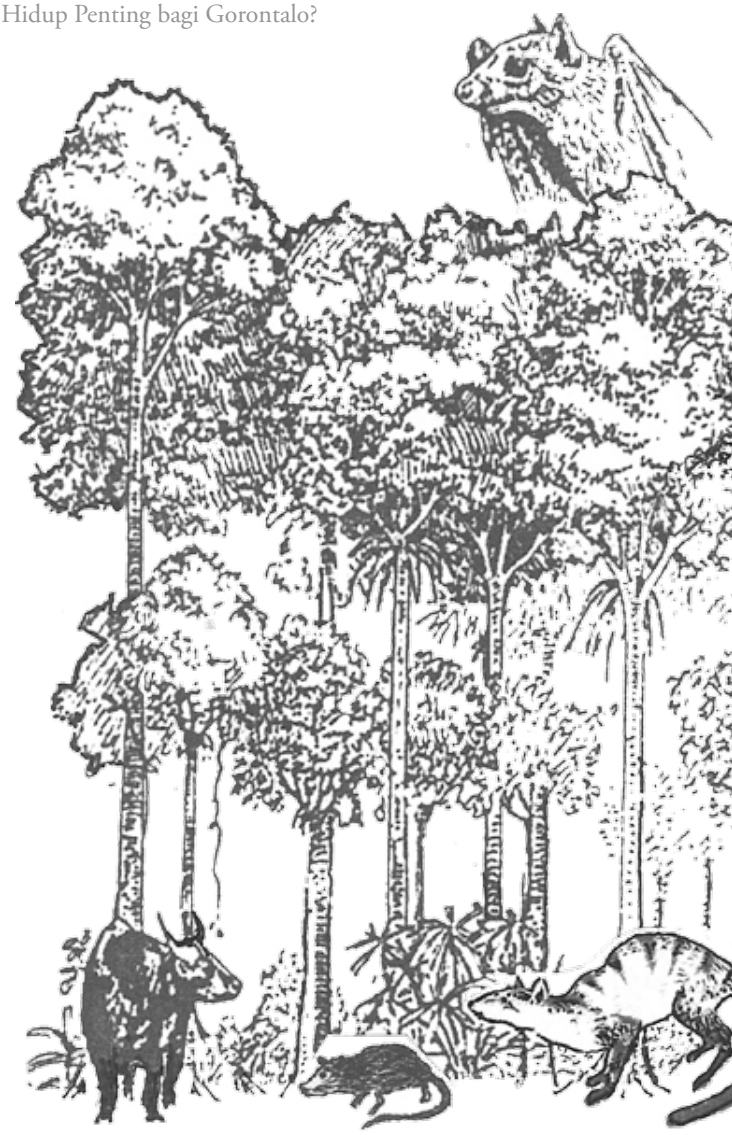
Pulau Sulawesi (175.000 km^2), yang berada di jantung Kawasan Wallacea mengalami proses evolusi sendiri yang berbeda dengan pulau-pulau di sekitarnya. Pulau ini memiliki kekayaan hewan yang istimewa: 79 dari 127 mamalia Sulawesi merupakan jenis asli (62%) yang endemik. Bahkan monyet Heki (*Macaca hecki*) hanya ada di kawasan Gorontalo saja. Lebih lanjut, persentase mamalia endemik ini meningkat sampai 98% jika kelelawar tidak ikut dihitung (Whitten dkk., 1987). Dalam hal kekayaan jenis burung, Sulawesi memiliki 328 jenis (88 jenis atau sekitar 27% adalah endemik). Dua jenis endemik yang terkenal adalah burung Maleo dan Rangkong merah yang di Gorontalo dikenal sebagai burung Ato atau Alo.

Contoh-contoh utama jenis endemik yang terdapat di Sulawesi adalah hewan menyusui

seperti Anoa, babirusa, monyet Heki dan kuskus yang menghuni lantai hutan. Sementara berbagai jenis burung yang beraneka warna, antara lain rangkong dan puluhan jenis kelelawar, kalong dan kupu-kupu dan serangga lainnya menghuni tajuk hutan. Banyak jenis pohon alami penghasil kayu yang penting, seperti Rao dan Nantu yang juga unik, demikian juga berbagai jenis rotan.

Gorontalo berada di bagian tengah Semenanjung Minahasa. Pesisirnya berbatasan dengan Laut Sulawesi di bagian utara dan Teluk Tomini di bagian selatannya. Provinsi ini memiliki 22 gunung (tingginya berkisar dari 923 m sampai 2100 m) yang berjajar dari barat ke timur. Daratan yang sempit dan bergunung ini membuat hutan yang tumbuh di atasnya sangat penting untuk melindungi daerah tangkapan air yang mengalirkan airnya melalui sungai besar utama, yaitu Paguat, Randangan, Paguyaman, Milango dan Bone yang bersama anak-anak sungainya mengalirkan air ke Teluk Tomini.

Secara umum iklim di Gorontalo sangat musiman dan curah hujannya bervariasi karena lahannya berbukit-bukit dan karena pengaruh arah angin. Musim kemaraunya cukup panjang, dari Juni sampai Oktober. Curah hujan juga bervariasi, di puncak musim hujan sekitar 221-231 mm sedangkan di musim kemarau hanya 17-20 mm (Gorontalo dalam Angka 2006). Di musim hujan, bagian utara provinsi ini umumnya menerima curah hujan yang lebih banyak.



Gambar 3.1 Hewan menyusui seperti Anoa, babirusa, monyet Heki dan kuskus yang menghuni hutan Gorontalo merupakan contoh-contoh utama jenis endemik Sulawesi.

Gambar 3.2 Sketsa kawasan konservasi di Provinsi Gorontalo menunjukkan Suaka Margasatwa Nantu (A) merupakan sumber air Sungai Paguyaman (D). Kawasan Nantu merupakan satu-satunya hutan hujan yang masih utuh di antara dua kawasan konservasi utama lainnya: Cagar Alam Panua (C) dan Taman Nasional Bogani Nani Wartabone (B).

Menurut peta pemetaan hutan nasional Indonesia, hutan alam di Sulawesi termasuk dalam kategori hutan dataran rendah dan perbukitan, dengan sebagian hutan pegunungan yang terpencar. Karena pengaruh kegiatan manusia selama ratusan tahun, hutan-hutan di dataran rendah sudah tidak ada lagi dan berubah menjadi ladang, sawah dan perkebunan.

Menurut statistik kehutanan resmi, hampir dua pertiga wilayah Gorontalo berupa hutan dalam berbagai kategori. Namun sampai tahun 2002 sebagian besar hutan alamnya telah ditebangi untuk diambil kayunya oleh perusahaan HPH nasional maupun lokal.

Hutan-hutan yang masih tersisa sekarang berupa kawasan konservasi (misalnya, Suaka Margasatwa Nantu, Cagar Alam Panua, Taman Nasional Bogani Nani Wartabone) dan beberapa hutan lindung untuk kepentingan perlindungan daerah aliran sungai. Taman Nasional BN Wartabone ini sebagian berada di wilayah Provinsi Sulawesi Utara dan sebagian di Provinsi Gorontalo, sedangkan hutan Nantu dan Panua seluruhnya berada di Provinsi Gorontalo.

3.2 Keunikan fauna dan flora

Hasil survei keanekaragaman hayati terkini di TN BNW menunjukkan bahwa kawasan konservasi ini memiliki jenis-jenis endemik Sulawesi: 24 jenis mamalia, 195 jenis burung termasuk burung Maleo, 11 jenis reptilia, 38 jenis kupu-kupu, 200 jenis kumbang dan 19 jenis ikan (Lee dan Rais 2001). Jenis-jenis satwa istimewa antara lain adalah monyet Heki, luwak, tarsius, Anoa, dan babirusa. Jenis-jenis tumbuhan istimewa seperti palem dan jenis-jenis rotan lainnya. Kayu besi, eboni, cempaka, kenanga adalah sejumlah jenis yang menghasilkan kayu yang berharga untuk bahan bangunan.

Hutan Nantu memiliki kesamaan flora dan fauna dengan TN BNW dan merupakan salah satu dari sedikit sekali hutan alam Sulawesi yang masih tersisa. Nilai penting hutan Nantu di tingkat internasional adalah karena kehidupan hewan dan tumbuhan yang sungguh luar biasa di dalamnya dan karena hutannya masih asli.

Keunikan Nantu juga karena keberadaan kubangan berair asin, bernama Adudu di dalam hutan, di mana satwa liar yang langka dapat dilihat berkumpul. Kubangan Adudu ini kaya bahan-bahan mineral, termasuk sodium dan kalsium, yang sangat diperlukan oleh babirusa untuk mencerna makanan dari buah dan umbi. Kubangan Adudu ini mungkin sekarang merupakan satu-satunya tempat mengamati satwa liar Sulawesi yang relatif mudah

dijangkau. Dulu kubangan seperti ini terdapat di beberapa lokasi di hutan-hutan di Sulawesi bagian tengah dan utara, tetapi sekarang hanya kubangan Adudu yang tersisa.

Kekayaan alam dan keunikan hutan Nantu membuatnya berperan penting bagi konservasi hutan untuk kepentingan berbagai jasa lingkungan (lihat Bab 7) dan pengendalian iklim secara lokal, nasional dan internasional. Populasi hewan unik Sulawesi yang sudah menjadi sangat langka dan terancam punah masih terdapat di Nantu, seperti Anoa, babirusa, monyet Heki, dan kuskus. Selain itu Nantu merupakan 'benteng pertahanan dan rumah' terakhir bagi Anoa dan babirusa yang sekarang populasi totalnya di Sulawesi masing-masing kurang dari 5000 ekor atau hanya 10% dari jumlah yang ada 50 tahun yang lalu. Berbagai ancaman berupa penyempitan habitat alaminya dan perburuan untuk dijual dagingnya membuat kedua jenis mamalia unik ini terancam punah karena hidup mereka mengandalkan hutan alam.

3.3 Dinamika masyarakat

Pada tahun 2013 penduduk Gorontalo berjumlah sekitar 1 juta jiwa. Selain masyarakat asli Gorontalo dan campuran keturunan Minahasa, sebagian penduduknya adalah pendatang dari Jawa dan Bali, khususnya melalui program transmigrasi yang dilakukan pemerintah pada tahun 1980-an.

Mata pencaharian masyarakat terutama adalah pertanian untuk tanaman pangan (padi dan jagung). Sebagian kecil penduduknya mengelola perkebunan rakyat (kelapa, kemiri, cengkih dan coklat) atau melakukan kegiatan perikanan skala kecil di daerah pesisir dan di Danau Limboto.

Hutan memberi kontribusi bagi perekonomian lokal, yaitu dari penebangan kayu, pengumpulan rotan dan buah serta satwa liar dari hutan. Walaupun secara resmi penebangan hutan melalui HPH tidak ada lagi, dan penebangan atau pengambilan hasil hutan lainnya di kawasan konservasi dilarang, penebangan liar dan penambangan emas liar terus berlangsung di hutan-hutan yang statusnya dilindungi seperti di Suaka Margasatwa Nantu dan Taman Nasional Bogani Nani Wartabone. Kondisi ini menyebabkan kemerosotan kualitas hutan dan di beberapa tempat bahkan hutannya sudah gundul, seperti di Cagar Alam Panua.

Karena keterbatasan sumber daya alam lainnya, kegiatan ekonomi di Gorontalo sebagian besar mengandalkan lahan dan hutan. Selain menyediakan lingkungan bagi kehidupan fauna dan flora yang unik, semua kawasan konservasi di Gorontalo menyediakan sejumlah manfaat ekonomi dan lingkungan yang sangat berharga bagi provinsi ini, khususnya kehidupan masyarakat yang tinggal di sekitar hutan.

Gambar 3.3 Sungai Paguyaman yang merupakan urat nadi di Provinsi Gorontalo. (Foto Lynn Clayton).

Misalnya, hutan berfungsi mengendalikan pasokan air tawar untuk kebutuhan sehari-hari penduduknya dan untuk irigasi sawah-sawah. Di sekitar hutan Nantu sendiri ada 30.000 rumah tangga yang mengandalkan kebutuhan air tawarnya dari S. Paguyaman yang sumbernya berada di hulu hutan Nantu. Daerah tepi hutan juga mendukung masyarakat yang mata pencahariannya berladang dan mendapatkan makanan dari hutan.

Manfaat hutan konservasi jelas dinikmati oleh masyarakat luas: di Gorontalo, di tingkat nasional dan internasional sebagai kawasan konservasi yang kaya keanekaragaman hayatinya. Namun demikian 'warisan alam' ini menghadapi berbagai ancaman karena kegiatan manusia, seperti penebangan hutan, penambangan liar, perburuan satwa liar, dan perladangan berpindah yang masih berlangsung di kawasan hutan yang dilindungi.

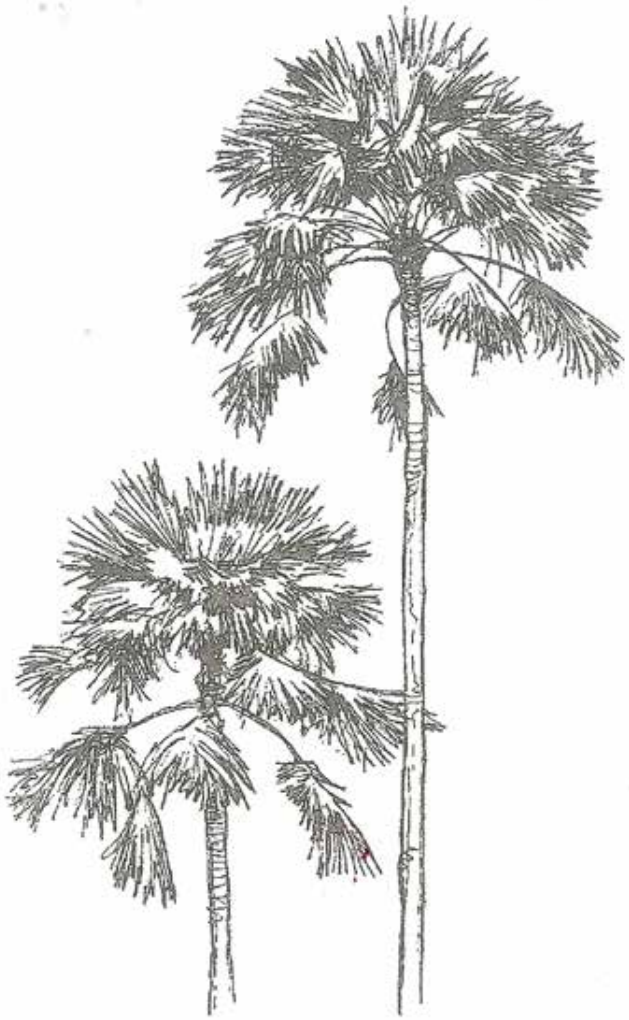
Sebagai contoh, kawasan hutan Paguyaman mengalami perubahan fisik yang luar biasa selama dua dekade terakhir ini. Sejumlah kejadian penting yang berlangsung di sepanjang S. Paguyaman selama ini menunjukkan perubahan penggundulan hutan yang drastis akibat penebangan hutan, pembukaan lahan tebang-bakar, dan penambangan liar. Pada tahun 1989 seluruh daerah aliran sungai (DAS) Paguyaman, termasuk cabang kiri dan kanannya, khususnya di bagian atas "Potangga" (persimpangan bagian kiri dan kanan S. Paguyaman) semula tertutup hutan primer yang sangat lebat. Namun pada tahun 1991 pabrik gula didirikan di Lakea dan kegiatan ini membuka peluang bagi masyarakat untuk memasuki hutan ke arah hulu. Dalam kurun waktu sepuluh tahun (1991 sampai 2001) tercatat bahwa masyarakat telah masuk ke hutan sepanjang 12 kilometer ke arah hulu. Akibatnya, luas hutan alam di Nantu sekarang tinggal tersisa setengahnya.

Dalam beberapa tahun terakhir ini, kegiatan pemekaran wilayah dan pembangunan yang terkait dengan pembangunan sarana fisik juga semakin mengancam keutuhan hutan Nantu. Sementara itu lembaga pengelola kawasan konservasi sangat terbatas sumber dayanya untuk mengelola kawasan yang luas dan menegakkan hukum atas kegiatan ilegal yang berlangsung di dalam dan di sekitarnya. Selain itu, banyak anggota masyarakat yang masih berpendapat bahwa upaya penguatan kawasan konservasi menghalangi sekelompok masyarakat untuk menikmati manfaat hutan secara gratis.

Mengingat akibat kerusakan hutan dari kegiatan ilegal itu hanya dinikmati sekelompok kecil orang saja, sementara berbagai akibat merugikan dirasakan oleh masyarakat luas – baik sekarang maupun di masa depan – maka upaya untuk meningkatkan upaya perlindungan keanekaragaman hayati, khususnya hutan sangat penting untuk dilakukan oleh semua lapisan masyarakat.

Bagian II

Tema Utama: Materi Pemandu Pengajar



Pengantar

Mari kita lihat dari Undang-Undang No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan hidup. Dalam UU ini yang dimaksud dengan lingkungan hidup adalah ”kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang memengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.”

Dalam definisi ini ada dua unsur utama lingkungan hidup, yaitu unsur fisik (tanah, air, dan udara) dan unsur hayati atau biologis (makhluk hidup, termasuk tumbuhan, hewan dan manusia). Jelas bahwa dalam definisi ini tertera bahwa manusia merupakan bagian dari lingkungan hidup. Dalam kenyataannya, kelangsungan hidup manusia sebagian besar bergantung pada kelangsungan alam. Uniknya, melalui akal budi dan perilakunya, secara negatif atau positif manusia dapat memengaruhi kelangsungan alam dan makhluk hidup lain yang ada di dalamnyauntuk bisa melangsungkan fungsinya masing-masing.

Karena saling keterkaitan tersebut, pendidikan lingkungan hidup (PLH) diperlukan sebagai sarana untuk mengelola lingkungan secara terencana dan terpadu. Seperti diuraikan dalam Bab 1, tujuan PLH bukan hanya sekedar memberikan informasi atau fakta, tetapi menggugah dan menumbuhkan kepedulian (hati, perasaan) mengenai alam dan bagaimana unsur-unsurnya berfungsi. Pemahaman mengenai fungsi alam dan kaitan eratnya dengan kelangsungan kondisi sosial dan ekonomi masyarakat mendorong siswa untuk belajar terampil bertindak mencari solusi agar fungsi-fungsi lingkungan tetap berjalan sebagaimana mestinya.

Sesuai dengan definisi lingkungan hidup yang disebutkan di atas, bagian ini pertama menguraikan unsur utama lingkungan fisik adalah tanah (Bab 4), air (Bab 5) dan udara (Bab 6). Ketiganya merupakan fondasi yang menentukan setiap proses yang berlangsung di alam, yang manfaatnya diperlukan untuk kelangsungan hidup alam sendiri maupun manusia dan makhluk lain yang hidup di dalamnya. Bab 7 menguraikan unsur-unsur hayati dan berbagai interaksi antara tumbuhan dan hewan dan juga antara mereka dengan lingkungan hidup yang menjadi habitatnya. Dari berbagai interaksi ini manusia merasakan hasilnya berupa barang dan berbagai jasa yang disediakan oleh lingkungan. Meskipun jasanya beragam, hutan dan keanekaragaman hayati di dalamnya menghadapi sejumlah ancaman (Bab 8) yang efek utamanya telah diketahui tetapi sebagian besar masih merupakan misteri (Bab 9). Karena itu langkah-langkah untuk mempertahankan manfaat dan mencegah kerusakan lebih lanjut merupakan tanggung jawab bersama masyarakat luas (Bab 10). Masing-masing unsur lingkungan hidup ini akan diuraikan secara singkat dalam Bagian II ini.

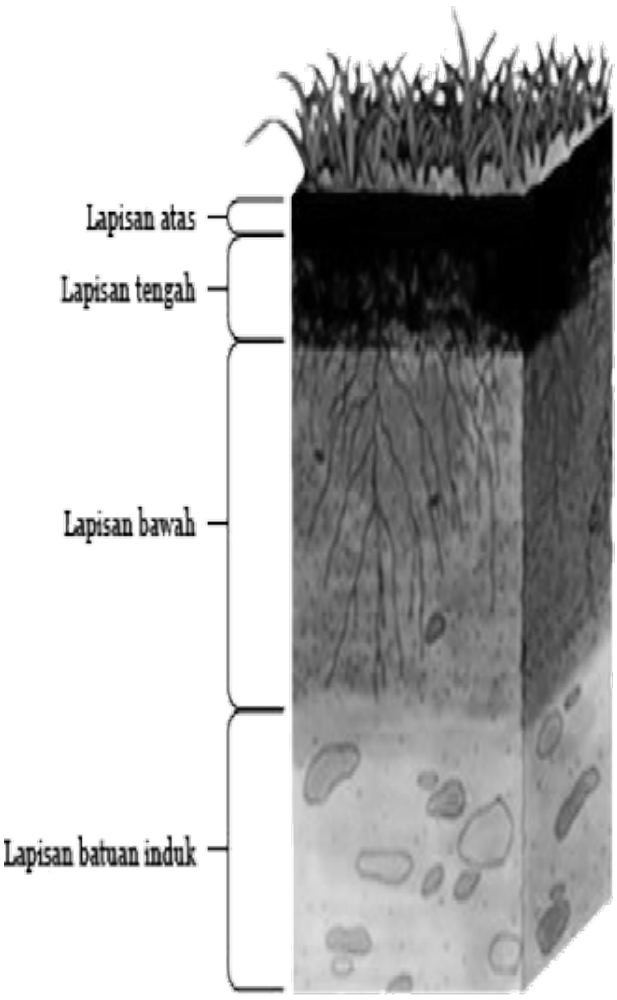
Bab 4.

Tanah

Tanah adalah lapisan teratas muka bumi. Manusia membangun tempat tinggal dan melangsungkan berbagai kegiatannya, seperti bercocok tanam dan mengelola kegiatan usaha lainnya untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Bagi hewan dan tumbuhan, tanah berfungsi sebagai tempat hidup mereka. Di lapisan tanah yang lebih dalam juga sering terkandung mengandung bahan tambang (minyak, batubara dan mineral lainnya) dan bahan galian (batu, kerikil, pasir). Karena itu tanah merupakan modal alami yang sangat penting.

Tanah terbentuk secara alami selama ribuan bahkan jutaan tahun, dari campuran batuan dan bahan organik. Bahan organik terbentuk dari hewan dan tumbuhan yang sudah mati, membusuk atau melapuk dan terurai oleh bakteri dan hewan-hewan kecil di dalam tanah seperti cacing, lipan dan ubur-ubur.

Perhatikan Gambar 4.1 A). **Lapisan atas** adalah yang paling subur karena terbentuk dari hasil pelapukan batuan dan makhluk hidup (hewan dan tumbuhan) yang mati, disebut **bahan organik**. B). **Lapisan tengah**, terbentuk dari campuran hasil pelapukan batuan dan air. Lapisan ini terbentuk karena sebagian bahan lapisan atas terbawa oleh air dan mengendap. C). **Lapisan bawah**, terdiri dari bongkahan-bongkahan batu, di sela-selanya ada hasil pelapukan batuan dan juga batu yang belum melapuk sempurna. D). **Lapisan batuan induk** yang padat.



Gambar 4.1 Bagian-bagian pembentuk tanah.
Sumber: http.upload.wikimedia.org

4.1 Jenis-jenis tanah

Secara umum pembentukan jenis tanah dipengaruhi oleh: batuan dasar, tingkat curah hujan, penyinaran matahari dan keberadaan tumbuhan penutup tanah. Karena itu jenis tanah sangat bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya. Demikian pula jenis tanah yang dihasilkan dari kombinasi sejumlah faktor ini memiliki kemampuan yang berbeda dalam hal menyerap air dan zat hara yang penting bagi pertumbuhan tanaman di atasnya.

Ada empat jenis utama tanah, yaitu lempung, pasir, humus dan tanah vulkanik; masing-masing ciri utamanya diringkas dalam Tabel 4.1.

Sifat utama tanah yang terpenting adalah kesuburannya. Kesuburan tanah ditentukan oleh jenis butiran tanah (kemampuan menyerap air dan udara, lihat penjelasan di atas) dan bahan organik dan mineral yang terkandung di dalamnya. Semakin banyak zat hara dan mineral, umumnya tanah semakin subur.

Namun kesuburan tanah ini hanya sampai kedalaman tertentu saja. Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa hanya lapisan tanah atas setebal beberapa sentimeter di permukaan tanah yang umumnya dapat dijangkau akar tumbuhan. Proses alami, seperti pembusukan oleh bakteri dan panas dari sinar matahari sebagian besar berlangsung di lapisan atas ini. Karena itu kesuburan tanah di kawasan tropis umumnya terbatas di lapisan yang dangkal ini.

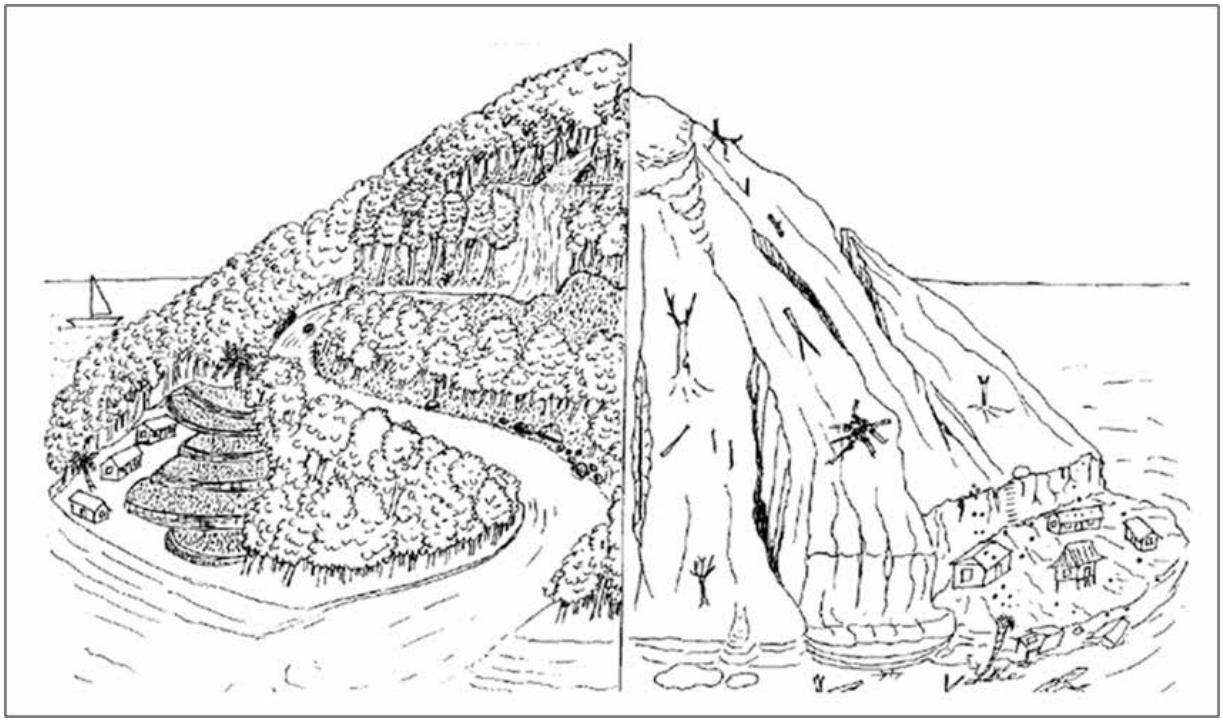
4.2 Erosi dan pencemaran tanah

Kesuburan tanah bisa hilang karena dua penyebab utama, yaitu **erosi** dan **pencemaran**. Erosi adalah hilangnya lapisan tanah atas terutama karena faktor alam, yaitu butir-butir tanah terlarut arus air atau terbawa angin tetapi juga akibat kegiatan manusia.

Secara alami air hujan yang jatuh langsung di atas permukaan tanah tanpa tumbuhan di atasnya mengalir langsung ke tempat yang lebih rendah. Khususnya ketika hujan lebat gerakan air deras ini dapat mengikis lapisan tanah atas yang dilaluinya, terutama di lereng-lereng

Tabel 4.1 Jenis-jenis utama tanah dan ciri-ciri utamanya.

Jenis tanah	Ciri utama
Lempung atau liat	Butir tanahnya sangat halus dan saling melekat satu sama lain, sehingga jika basah menjadi lengket. Kelengketan ini membuat udara yang dapat masuk hanya sedikit. Kemampuan menyerap air rendah sehingga tanah tergenang sehingga tidak begitu baik untuk bercocok tanam tetapi baik untuk membuat batu bata atau pot bunga dan tembikar lainnya. Tingkat pelapukan bahan organik rendah sehingga tidak subur.
Tanah pasir	Butir tanah lebih kasar, sekitar 2 mm sehingga air dapat mengalir baik. Di musim kemarau tidak dapat menahan air dalam waktu lama sehingga mudah terbawa angin. Kandungan bahan organik rendah sehingga tidak subur untuk bercocok tanam.
Tanah humus	Butirannya bervariasi. Warna coklat kehitaman karena mengandung banyak bahan organik (hewan dan tumbuhan) yang membusuk dan kaya zat hara. Menyerap air sangat baik secara lambat dan tidak mudah tergenang, ideal untuk bercocok tanam.
Tanah vulkanik	Berasal dari debu letusan gunung berapi. Warna gelap dan umumnya mengandung unsur hara yang tinggi sehingga sangat baik untuk pertanian. Sangat mudah menyerap air.



Gambar 4.2 Reboisasi dan penanaman pohon merupakan solusi jangka panjang untuk melindungi tanah dan menghentikan erosi. Pembuatan sengkedan dan teras bisa menahan air dan merupakan dasar yang penting bagi reboisasi, penanaman pohon, serta kelestarian kegiatan pertanian (Sumber: Tim IDEP Bambu Indonesia).

curam, di tepi sungai atau pantai yang tidak ada tumbuhan penahan erosinya.

Angin kencang juga dapat menerbangkan butir-butir tanah yang halus. Erosi lapisan tanah atas juga dapat disebabkan oleh kegiatan budidaya yang berlebihan sehingga struktur tanah rusak atau memadat dan melenyapkan zat hara yang ada di dalamnya.

Pencemaran tanah biasanya terjadi akibat kegiatan manusia. Di mana saja ada kegiatan manusia, pasti ada sampah. Jenis sampah umumnya dapat dibedakan menjadi **sampah organik** dan **anorganik**. Sampah organik berasal dari makhluk hidup, seperti tumbuhan (daun, buah, sayuran, rumput, ranting jerami) dan bagian tubuh hewan yang mati yang dapat membusuk dan terurai kembali di dalam tanah. Sampah anorganik berasal dari bahan mineral atau benda lain yang bukan makhluk hidup dan sifatnya tidak dapat membusuk. Contohnya kaleng, plastik, gelas, cairan kimia seperti minyak, oli, baterai, dan accu kendaraan bermotor.

Agar masalah pencemaran tanah dari sampah dapat dikelola atau dikurangi, perbedaan sifat sampah organik dan anorganik perlu dipahami. Umumnya, banyak orang masih membuang sampah yang bercampur antara yang organik dan anorganik, tanpa berpikir panjang tentang akibatnya. Padahal jika sampah yang dipilah seawal mungkin bisa tetap bermanfaat. Misalnya, tumpukan sampah organik akan membusuk karena panas matahari dan karena bantuan jasad renik di dalam tanah. Proses pembusukan ini dapat menghasilkan bahan campuran untuk pupuk atau kompos yang bermanfaat untuk tanaman.

Di pedesaan, sampah organik sering ditumpuk di halaman rumah atau di kebun yang kemudian akan membusuk. Namun di kota-

kota yang ruang terbukanya sempit atau tidak ada, sampah ini sering tanpa dipilah dan dibuang langsung ke tempat penampungan sampah (TPS). Sampah padat anorganik yang tidak dikelola dan menumpuk tidak dapat membusuk sehingga perlu diolah secara berbeda. Beberapa jenis plastik, logam atau gelas bisa dibersihkan dan dimanfaatkan lagi, yang dikenal dengan istilah mendaur ulang. Misalnya, para pemulung di kota sering memilah sampah anorganik ini dan kemudian menjualnya untuk membuat barang lain. Namun perlu diingat bahwa hanya sebagian kecil dari sampah anorganik yang dapat didaur ulang. Sebagian besar tetap tertimbun di suatu tempat atau mengapung dan menyumbat aliran sungai. Sampah merupakan musuh yang perlu kita atasi kita bersama!

Selain membuat lingkungan sekitar penampungan sampah berbau tidak enak dan tidak sedap dipandang mata, cairan hasil sampah yang membusuk juga dapat mencemari tanah dan sumber air di sekitarnya.

Tanah juga dapat tercemar karena terlalu banyak penyemprotan pestisida dan penggunaan pupuk kimia dalam jangka panjang. Penumpukan bahan kimia yang melebihi aturan akan tertimbun di atas tanah dan menjadi racun yang mematikan semua makhluk hidup di dalam tanah, termasuk yang bermanfaat bagi tumbuhan.

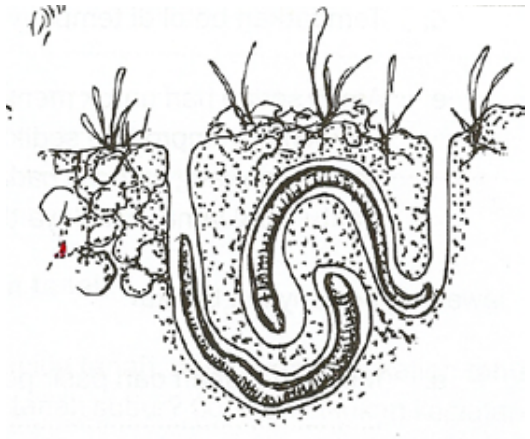
4.3 Melindungi kesuburan tanah

Air hujan yang jatuh langsung di atas permukaan tanah tanpa tumbuhan di atasnya dapat mengikis lapisan tanah yang subur. Supaya fungsi tanah dapat terus berlangsung dan terlindung dari erosi yang merugikan konservasi tanah sangat diperlukan agar butir-butir tanah tidak terpencar. Selain itu dan gerak dan jumlah aliran di permukaan tanah juga dapat dikendalikan.

Salah satu caranya adalah dengan menanami berbagai tumbuhan yang menutupi tanah secara terus menerus. Contohnya, tumpang sari (penanaman dua tanaman atau lebih secara bersamaan di petak tanah yang sama) dan wana tani (cara mengolah lahan yang memadukan tanaman pangan dengan semak atau pohon). Penanaman pagar hidup seperti *Caliandra* dan *Lucaena* juga dapat dilakukan untuk meningkatkan bahan organik dari guguran daunnya. Daun muda kedua tanaman ini juga umum digunakan sebagai pakan ternak, seperti kambing. Rumput gajah juga umum ditanam untuk mencegah erosi tanah, khususnya di tepi-tepi sungai.

Cara lain melindungi tanah dari erosi adalah dengan membuat jalur pengaliran air pembuangan, pembuatan sengkedan, parit dan membuat guludan di sepanjang lereng untuk mencegah air hujan mengikis tanah lapisan atas. Kegiatan penghijauan dan reboisasi juga merupakan usaha untuk melestarikan tanah.

Kesuburan tanah paling baik ditingkatkan secara alami, dengan mencegah kegiatan manusia yang mencemari tanah. Misalnya, kompos yang berasal dari sampah tumbuhan atau pupuk kandang yang membusuk dan terurai oleh bakteri dapat digunakan sebagai pengganti pupuk kimia.



Bab 5.

Air bagi Kehidupan

Air sangat penting bagi semua makhluk hidup untuk melangsungkan hidupnya. Tujuh puluh persen tubuh manusia dan hewan menyusui terdiri dari air, sedangkan bagi tumbuhan, 90% bagiannya berupa air. Manusia menggunakan air untuk kebutuhan jasmani sehari-hari (minum, memasak, mencuci, mandi dan untuk transportasi). Selain itu di berbagai penjuru dunia air juga berperan penting dalam kehidupan rohani masyarakat dan kualitas air di suatu tempat merupakan salah satu tanda untuk menilai kualitas kesejahteraan masyarakatnya.

Air mendukung kehidupan hewan dan tumbuhan, misalnya membantu binatang dan tumbuhan yang kemampuan tubuhnya lemah untuk mengapung. Air cocok bagi kehidupan binatang seperti ini karena tidak terlalu panas atau dingin, sehingga memungkinkan berbagai mahkluk untuk hidup di dalamnya.

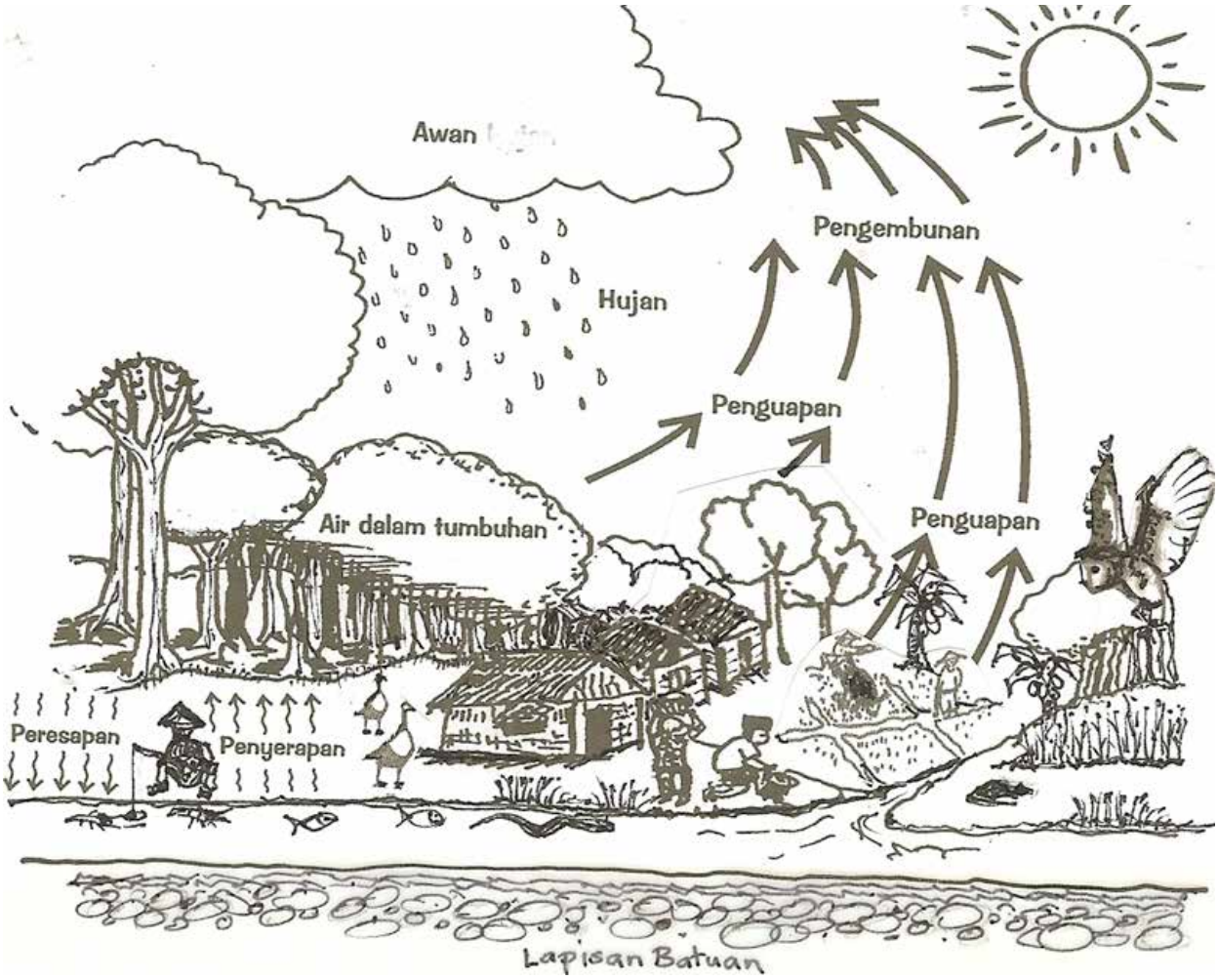
Semua makhluk hidup mengeluarkan air secara terus-menerus melalui fungsi alami tubuhnya, seperti bernapas, berkeringat atau kencing. Air yang dibuang ini harus diisi ulang - pada hewan dan manusia dengan cara meminum air, sedangkan pada tumbuhan dengan penyerapan melalui akar-akarnya.

Air yang mengalir di sungai menyediakan keperluan sehari-hari untuk mandi, mencuci dan mengairi sawah. Aliran sungai yang dibendung juga dapat menyediakan energi untuk menghasilkan listrik. Karena beragam manfaatnya, air merupakan sumber daya yang berharga di berbagai penjuru dunia. Tenaga dari air untuk menghasilkan energi listrik sangat diperlukan karena merupakan bentuk energi yang relatif 'bersih', yaitu tidak menyebabkan pencemaran seperti pembangkit tenaga listrik lainnya, misalnya batu bara.

5.1 Siklus atau daur air

Air tawar yang tersedia di dunia ini hanya 2%, sedangkan sisanya berada di laut. Semua kebutuhan makhluk hidup dipenuhi dari pendauran kembali air tawar yang jumlahnya sangat terbatas ini. Pendauran air berlangsung melalui perubahan bentuk air, yaitu gas (uap), cair atau padat (es). Di antara suhu 0dan 100 derajat Celsius bentuk air adalah cair. Di bawah suhu 0 derajat Celsius air memadat menjadi es dan di atas suhu 100 derajat Celsius air berbentuk uap.

Tiga bentuk air ini dapat dijumpai di seluruh dunia – gunung-gunung es di kutub adalah air dalam bentuk padat, awan-awan di langit adalah air dalam bentuk gas dan air yang kita minum dan untuk mencuci berbentuk cair. Di habitat yang berbeda, air berada dalam proses perubahan dari satu bentuk ke bentuk lainnya secara terus-menerus.



Gambar 5.1 Diagram sederhana siklus air. (Sumber: Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Air. Hanns Seidel Foundation).

Secara sederhana, siklus air ditunjukkan dalam Gambar 5.1 dengan penjelasan singkat di bawah ini. Karena perubahan bentuk air merupakan putaran atau siklus, penjelasannya bisa dimulai dari mana saja. Mari kita mulai dengan air yang mengalir di sepanjang anak sungai yang bergabung dengan anak sungai lainnya membentuk sungai yang jauh lebih besar. Air sungai akhirnya mengalir ke laut. Sebagian besar air mengalir melalui anak sungai dan sungai menuju ke laut namun ada sebagian yang menguap (berubah menjadi uap) karena panas sinar matahari. **Penguapan** atau evaporasi adalah proses perubahan air dalam bentuk cair menjadi uap karena pemanasan yang terjadi di permukaan daratan atau perairan.

Semua air yang menguap, dari permukaan anak sungai, sungai atau laut, membentuk uap air di atmosfer. Uap ini naik dan akan menjadi dingin saat mencapai lapisan yang lebih tinggi di atmosfer. Jika banyak gas di atmosfer maka uap air akan memadat menjadi awan yang dapat kita lihat. Jika awan ini terkena udara panas maka uap air berubah menjadi tetesan air (**pengembunan**). Sementara itu di udara terdapat debu dari berbagai sumber, seperti dari asap kendaraan bermotor atau asap buangan industri. Debu ini terperangkap oleh uap air, membuat awan bertambah berat dan berwarna gelap.

Ketika awan melintasi dataran tinggi atau ketika menjadi lebih dingin karena suhu atmosfer mendingin, air menjadi padat dan jatuh, awalnya seperti tetes-tetes air yang sangat kecil, yang biasanya mencair sebelum mencapai tanah, lalu jatuh sebagai **hujan**. Di bagian dunia yang dingin atau beberapa pegunungan tinggi uap air ini tidak mencair sebelum mencapai tanah, sehingga jatuh dalam bentuk salju atau hujan es.

Ketika hujan, air masuk ke dalam tanah dan diserap oleh akar-akar tumbuhan. Air ini digunakan untuk pertumbuhan dan sebagian dilepaskan melalui daun sebagai uap air, seperti keringat pada tubuh manusia. Air ini kembali ke atmosfer. Sebagian air yang jatuh juga masuk ke dalam pori-pori batuan di tanah lapisan bawah dan kemungkinan disimpan sebagai 'air tanah'.

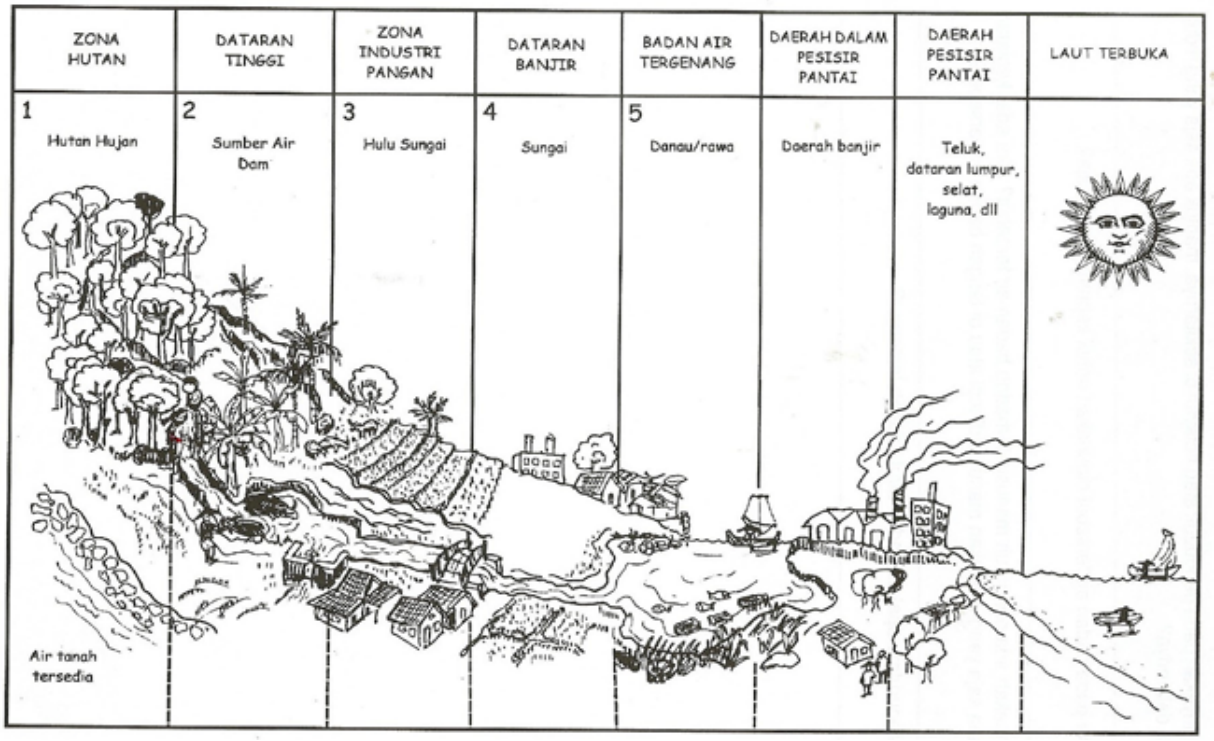
Simpanan air di dalam tanah inilah yang sering menjadi sumber air untuk sumur galian. Dan ada juga air hujan yang meresap jauh di bawah tanah, mengalir di sepanjang celah batu dan akhirnya muncul sebagai mata air yang membentuk hulu dari banyak anak sungai kecil.

Selain itu air yang jatuh sebagai hujan mengairi lahan dan mengalir ke anak sungai dan sungai, yang selanjutnya akan mengalir kembali ke laut.

Siklus air dapat dilihat sebagai proses penyaluran air, dalam jumlah yang berbeda-beda, ke berbagai jenis habitat. Selain itu air berfungsi sebagai media pemurnian alami karena, ketika air menguap menjadi awan, kotoran yang terperangkap di dalamnya terlepas sehingga menjadi bersih. Sebaliknya, air juga bisa tercemar, baik melalui interaksi dengan bahan kimia berbahaya yang ada di atmosfer atau ketika berinteraksi dengan tanah. Misalnya, karena pengelolaan sampah yang buruk atau penggunaan pupuk kimia.

Ketersediaan atau jumlah air di suatu tempat merupakan salah satu faktor utama yang menentukan tipe suatu habitat atau ekosistem. Misalnya, hutan hujan memerlukan air

Gambar 5.2 Berbagai bentuk badan air menurut zona ketinggiannya (Sumber: Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Air. Hanns Seidel Foundation).



dalam jumlah besar sepanjang tahun untuk menghidupi tumbuhan dan hewan di dalamnya. Sebaliknya, padang rumput atau savana kering hampir sepanjang tahun karena ketersediaan curah hujan sangat rendah, dan hanya sedikit tumbuhan besar yang hidup di dalamnya.

Kumpulan air yang mengalir dan yang diam di suatu tempat juga bisa menjadi ekosistem sendiri, seperti danau, rawa, sungai dan juga sawah (lihat Gambar 5.2).

5.2 Pencemaran air

Pada dasarnya air tidak akan habis walaupun digunakan terus-menerus untuk mendukung kehidupan karena mengalami pendauran. Menurut Lembaga Kesehatan Dunia, air yang layak dikonsumsi manusia harus memenuhi standar 3B, yaitu tidak berwarna, tidak berbau dan tidak beracun.

Namun di sepanjang siklusnya, kualitas air dapat menurun karena tercemar oleh sampah padat atau limbah cair yang dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia. Contohnya, kegiatan penebangan pohon di hutan bagian hulu Sungai Paguyaman membuat tanah tersingkap, kering dan tandus. Selain itu penambangan emas liar yang berlangsung di sana sering menggunakan bahan-bahan kimia dalam pemrosesan tanah yang ditambang. Limbah penyemprotan serta bahan kimia seperti merkuri dan sianida yang digunakan umumnya langsung dibuang dan mengalir ke sungai. Akibatnya, air sungai yang semula jernih dan tidak berbau menjadi berwarna, berbau dan beracun.

Menurut hasil penelitian Badan Lingkungan Hidup dan Riset Daerah Provinsi Gorontalo di beberapa desa di Kabupaten Gorontalo Utara, kadar pencemaran air sungai karena kegiatan penambangan ini jauh dari ambang batas yang diijinkan untuk keseharian manusia. Selain mematikan ikan dan makhluk hidup lainnya di sungai, pencemaran ini telah menyebabkan penyakit kulit bagi anggota masyarakat yang menggunakan air sungai untuk keperluan sehari-hari.

Contoh lainnya adalah pencemaran air dari sampah industri dan rumah tangga. Sampah ini mencakup yang organik dan anorganik. Limbah dari pemukiman sering dibuang langsung ke dalam sungai. Demikian pula septik tank di rumah-rumah sering terlalu dekat letaknya dengan sumur-sumur untuk sumber air kebutuhan keluarga. Air yang tercemar limbah (rumah tangga maupun industri) dapat menjadi perantara penyebaran berbagai penyakit berbahaya, seperti tipus, kolera dan desentri. Penyakit malaria yang disebarkan oleh nyamuk berkembang biak di air yang tergenang.

Contoh umum lainnya adalah pembuangan sampah plastik. Dulu ketika plastik tidak banyak digunakan seperti sekarang, sebagian besar sampah rumah tangga berupa daun atau bahan lain yang dapat membusuk. Sampah ini umumnya dibuang atau ditimbun di dalam tanah dan kemudian membusuk; kalau dibuang ke sungai, sampah daun juga membusuk. Namun dengan semakin banyaknya penduduk dan penggunaan plastik yang semakin banyak, perilaku manusia dalam membuang sampah tidak banyak berubah. Akibatnya berbagai barang dari plastik sekarang merupakan bahan pencemar utama di sungai-sungai dan laut, menyumbat saluran air, mengapung memenuhi permukaan perairan dan mencekik tumbuhan dan hewan yang hidup di dalamnya.

Sumber pencemar air lainnya adalah pestisida yang digunakan dalam kegiatan pertanian yang terjadi di mana-mana. Ketika endapan pupuk dan pestisida dari kegiatan pertanian terbawa ke dalam sungai maka air sungai akan menurun kualitasnya. Air yang tercemar pestisida dari pertanian atau limbah beracun dari kegiatan pabrik sering menyebabkan penyakit kulit, khususnya jika air itu digunakan sebagai sumber air minum dan untuk keperluan mandi dan memasak.

Gambar 5.3 Kiri: Eceng gondok yang mendominasi permukaan Danau Limboto sebagai akibat pencemaran air oleh zat hara yang masuk ke danau dari kegiatan pertanian dan perikanan. Kanan: Bentuk tumbuhan eceng gondok. Sumber foto: http://menyelamatkandanaulimboto.wordpress.com/fotografi-danau-limboto/rosyid-a-azhar/

Air sungai yang membawa sisa pupuk dan pestisida ke badan air seperti danau, kolam atau bendungan juga dapat menyebabkan masalah yang disebut **eutrofikasi**. Zat-zat hara dari pupuk ini sangat menyuburkan ganggang dan tumbuhan hijau lainnya tumbuh cepat sekali di perairan. Dan karena tumbuhan ini memerlukan oksigen, maka oksigen terlarut yang ada di dalam air menjadi semakin berkurang sementara persaingan dengan ikan dan binatang air lainnya meningkat sehingga banyak ikan yang mati.

Masalah eutrofikasi terjadi di banyak danau atau bendungan di Indonesia. Contoh meledaknya pertumbuhan eceng gondok dapat dilihat di Danau Limboto. Pemberian pakan untuk kegiatan perikanan mendatangkan salah satu akibat sampingan yaitu memupuk pertumbuhan eceng gondok dan ganggang. Contoh kematian ikan di waduk-waduk yang digunakan untuk perikanan air tawar juga banyak, seperti di Cirata di Jawa Barat, dan juga di beberapa sungai di Lampung yang dulu terkenal sumber ikannya. Beberapa tahun yang lalu peledakan pertumbuhan alga merah di Teluk Jakarta meracuni banyak ikan dan organisme lain lainnya dan membuat air tidak aman untuk kegiatan rekreasi seperti berenang.

Peledakan pertumbuhan ganggang dan gulma seperti eceng gondok dapat mendominasi sebagian besar permukaan perairan dan menyebabkan berbagai macam kerugian. Misalnya, air tawar menjadi keruh dan bahkan berbau karena pembusukan tanaman dalam jumlah banyak. Penutupan permukaan air oleh ganggang dan tumbuhan lain juga menghambat sinar matahari yang diperlukan oleh organisme di dalam air untuk kehidupan mereka.

Sesungguhnya alam mampu memurnikan kembali air yang telah tercemar karena limbah. Prosesnya berlangsung melalui siklus air normal yang dijelaskan di atas dan melalui penguraian alami yang dilakukan oleh bakteri dalam tanah dan air. Namun ketika jumlah limbah yang masuk ke dalam air terus bertambah, sementara jumlah air yang mengalir pelan melalui sungai berkurang terutama karena hilangnya tutupan lahan yang membantu air meresap di dalam tanah, maka kemampuan alami pemurnian air juga berkurang. Akibatnya, kualitas air yang ada

juga menurun. Jika ini terjadi, manusia harus turun tangan untuk mencegah dan mengatasi pencemaran air, misalnya dengan membuat saluran pembuangan limbah, atau melakukan program untuk mengurangi pembuangan limbah dan menggunakan air seefisien mungkin.

Dari contoh-contoh tersebut, jelas bahwa pencemaran air memiliki efek yang merusak dalam jangka panjang, terutama karena bakteri alami yang ada di dalamnya tidak dapat menguraikan limbah dengan mudah. Misalnya, pestisida yang tidak terurai mengendap di tanah dalam jangka panjang kemungkinan bisa menimbulkan efek yang lama kelamaan mematikan jasad renik yang sangat berguna di dalam tanah. Kerugian ini akhirnya akan ditanggung oleh manusia karena kesuburan tanah menurun.

5.3 Pengelolaan air

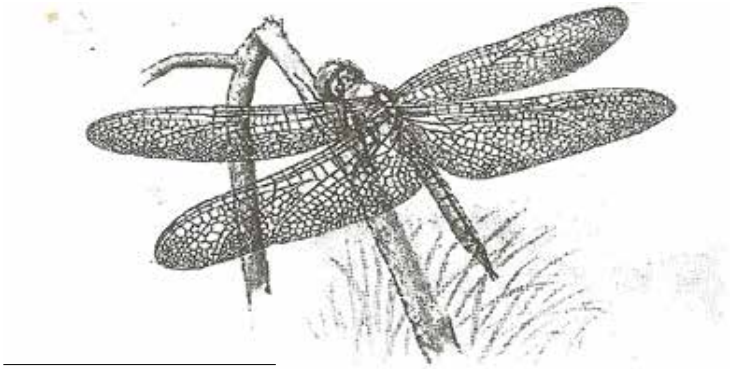
Tidak ada dua sungai yang benar-benar serupa. Bahkan di tempat berbeda di bagian sungai yang sama, komposisi airnya pasti bervariasi. Karena itu air murni yang jernih dan bersih di hulu sungai sering berganti warna dan aroma ketika meninggalkan daerah pemukiman dan masuk ke laut. Perubahan ini muncul karena sepanjang perjalanan air banyak zat pencemar, sabun, sampah dan limbah lainnya yang terlarut di dalamnya.

Karena air merupakan sumber daya yang berharga dan sangat penting bagi kelangsungan hidup di alam, maka kita perlu melakukan segala upaya untuk mengurangi kegiatan yang mencemarinya. Umumnya upaya pencegahan lebih mudah dan lebih murah daripada tindakan untuk mengatasi masalah yang timbul kemudian.

Kualitas air dalam suatu perairan sering harus diperiksa secara berkala, khususnya jika air itu digunakan untuk keperluan konsumsi manusia. Ada tiga indikator atau tanda sederhana untuk membantu kita mengetahui apakah air tercemar atau tidak. Secara *fisik* yaitu dari kejernihan adalah kekeruhannya, perubahan suhu, warna, bau dan rasa. Misalnya, air yang keruh setelah hujan deras menunjukkan bahwa ada banyak lapisan tanah atas yang terbawa dalam air atau ada bahan-bahan padat buangan limbah industri. Air kolam yang berwarna hijau, misalnya, menunjukkan adanya ganggang atau alga di dalamnya. Pencemaran air secara *kimiawi* dapat dilihat berdasarkan zat kimia yang terlarut dan perubahan tingkat keasaman (pH), seperti limbah sianida dan air raksa dari penambangan emas dan pembuangan minyak. Air tercemar secara *biologis* ketika ada jasad renik atau mikroorganisme di dalamnya, terutama bakteri atau jamur yang menyebabkan penyakit.

Tanda lain untuk memantau kualitas air adalah dengan melihat berbagai binatang kecil di air, seperti ikan, anggang-anggang, capung, capung jarum, kupu-kupu dan berudu. Semakin banyak jumlah dan keragaman hewan air ini kualitas airnya baik karena mereka tidak dapat hidup dan berkembang biak di air yang tercemar.

Tantangan utama yang dihadapi dalam pengelolaan air adalah distribusi. Banyak tempat selalu kekurangan air, sementara di tempat lain selalu kebanjiran. Karena perbedaan iklim dan bentuk bentang lahan, curah hujan yang jatuh berbeda pula. Misalnya, perusahaan air minum di kota Gorontalo dapat memasok air ledeng secara teratur setelah mengolah air alam (dari sungai atau dari hujan) dan menyalurkannya



Gambar 5.4 Capung, salah satu tanda biologis kesehatan air.

Tabel 5.1 Contoh bahan pencemar utama dan sejumlah efeknya.

Zat pencemar	Keberadaan dan efeknya
Aluminium	Tersebar luas di lingkungan karena terdapat di batu-batuan yang membentuk tanah dan melaluinya air mengalir menuju sungai. Kebanyakan aluminium dalam makanan kita bersifat tidak larut sehingga tidak diserap oleh tubuh. Namun aluminium dalam air minum lebih mudah larut maka lebih mudah diserap.
Timah	Tersebar luas di seluruh lingkungan dan memengaruhi berbagai proses kimia yang berlangsung dalam tubuh manusia agar dapat berfungsi baik. Timah sifatnya beracun bagi organisme hidup. Anak kecil khususnya rentan terkena pencemaran timah hitam atau timbal, yang terdapat dalam bensin. Pencemaran ini merugikan perkembangan otak pada anak dan bahkan dapat menyebabkan kerusakan otak.
Nitrat	Air tanah yang tidak tercemar memiliki kandungan nitrat dalam jumlah kecil. Namun jika jumlahnya meningkat akan merusak dan merupakan tanda adanya pencemaran air yang mengandung pupuk kimia. Air hujan mengandung jumlah nitrat yang rendah, karena senyawa nitrogen pada asap mobil dan pabrik. Begitu juga nitrat yang terbentuk selama hujan deras disertai dengan petir dan guruh.
Nitrit	Melalui proses biologis, nitrat berubah menjadi nitrit. Jika kandungan nitrit tinggi (karena manusia memakan makanan yang tercemar nitrat) maka kemampuan darah untuk mengalirkan oksigen menurun. Limbah industri dapat meningkatkan jumlah nitrat di dalam air.

melalui pipa-pipa air. Pemurnian air ini dilakukan dengan menggunakan klorin. Saringan pasir sederhana untuk memurnikan air juga dapat digunakan pada skala rumah tangga.

Air sering menjadi langka di musim kemarau namun berlimpah-limpah pada musim hujan. Sementara itu kebutuhan air untuk berbagai kegiatan masyarakat relatif seimbang sepanjang tahun. Karena itu pengelolaan air diperlukan agar kebutuhan air sepanjang tahun dapat dipenuhi. Cara-cara yang sangat menolong sirkulasi air adalah dengan menjaga daerah-daerah curam tetap ditumbuhi pohon-pohon dan tidak digunakan untuk kepentingan lain. Akar pepohonan ini menolong menyerap air ke dalam tanah dan mengalirkannya ke sungai secara perlahan, sehingga mencegah banjir di musim hujan.

Manfaat lainnya adalah air yang 'tersimpan' di dalam tanah ini menjadi tersedia untuk jangka yang lebih panjang, khususnya selama musim kemarau ketika air hujan sangat terbatas. Konservasi hutan di daerah pegunungan dan penghijauan kembali di daerah hulu dapat mengurangi kemungkinan banjir bagi daerah lain yang lebih rendah. Dalam skala wilayah daerah, hal ini memerlukan perencanaan tata guna lahan di daerah resapan hujan oleh pemerintah dan pengendalian kegiatan yang mengurangi tutupan hutan. Namun dukungan anggota masyarakat untuk memantau kegiatan-kegiatan ini sangat penting dalam pengelolaan air. Begitu pula pengelolaan saluran air dan pengendalian pembuangan sampah di sungai-sungai sangat penting dalam menjaga keseimbangan tata air.

Dalam skala rumah tangga, sikap dan kebiasaan hidup hemat air juga sangat membantu. Penanaman pohon di halaman rumah juga akan membantu banyak air yang terserap di dalam tanah daripada yang melimpah di selokan. Pembuatan biopori untuk meningkatkan penyerapan tanah di sekitar rumah sekarang banyak dilakukan di pemukinan masyarakat. Demikian juga penampungan air hujan untuk kegiatan rumah seperti menyirami tanaman atau mencuci kendaraan.

Bab 6.

Udara bagi Kelangsungan Hidup

6.1 Komposisi dan peran udara

Udara selalu ada di sekitar kita, tapi kita kurang menghargainya. Udara murni merupakan campuran beberapa gas yang tidak mudah terlihat dan tidak berbau. Susunan gas di udara sebagian besar adalah nitrogen (N; 78%), oksigen (O_2; 21%), dan1% sisanya berupa gas argon, karbon dioksida (CO_2), dan gas-gas lainnya. Udara juga mengandung uap air, yang jumlahnya bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya sesuai kondisi iklim setempat. Jumlah uap air yang terdapat di udara menentukan kelembapan lingkungan.

Oksigen merupakan gas yang vital bagi kelangsungan hidup manusia, hewan dan tumbuhan. Manusia dan hewan menghirup gas ini ketika bernafas dan mengeluarkan karbon dioksida melalui paru-paru. Hewan tertentu juga menggunakan alat lainnya untuk bernafas. Misalnya, ikan bernafas dengan insang, sedangkan ular menggunakan kulitnya.

Ketika menghirup oksigen, sebenarnya manusia dan hewan mengisi bahan bakar ke bagian-bagian tubuh agar dapat bekerja. Misalnya, oksigen yang diangkut oleh darah digunakan untuk mencerna (mengolah) makanan yang masuk ke perut sehingga menjadi tenaga untuk menggerakkan bagian-bagian tubuh. Ada ribuan proses yang berlangsung di dalam sel-sel tubuh manusia tanpa kita sadari. Setiap proses ini perlu bahan bakar yaitu oksigen!

Orang dewasa umumnya mampu menghirup udara sebanyak 10-20 meter kubik (atau sekitar 5-10 tanki air truk!) setiap hari atau bernafas sekitar 20.000 kali. Namun jumlah udara yang dihirup anak-anak hampir dua kali lipatnya, karena alat penafasannya lebih kecil dan masih dalam tahap perkembangan.

Cara tumbuhan bernafas berbeda, yaitu secara pasif. Tumbuhan menyerap gas-gas melalui sel-sel daun (stomata) yang membuka dan menutup. Peran tumbuhan penting sekali, yaitu melalui zat hijau daun (klorofil) menyerap karbon dioksida dan gas-gas pencemar lainnya yang keluar dari hewan dan manusia. Proses ini disebut fotosintesis yang berlangsung dengan bantuan sinar matahari dan sebagian besar terjadi selama siang hari.

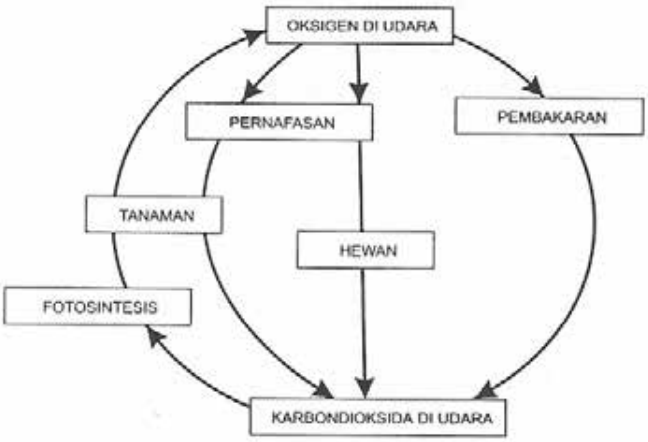
Fotosintesis menghasilkan bahan makanan yang diperlukan tumbuhan untuk bertumbuh. Namun yang lebih penting lagi, proses ini menghasilkan oksigen yang sangat penting bagi kelangsungan hidup hewan dan manusia. Semakin rindang tumbuhan atau pepohonan, udara di sekitarnya semakin sejuk karena zat pencemar yang ada diserap dan menjadi bersih.

6.2 Siklus oksigen dan karbon

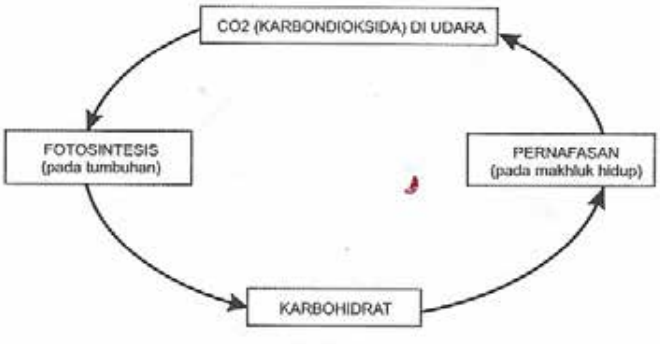
Perputaran, siklus atau daur gas-gas yang terdapat di udara umumnya berlangsung secara alami. Proses ini berguna untuk menjaga

keseimbangan gas yang tersedia di alam sehingga berbagai fungsi kehidupan tidak mengalami gangguan. Artinya, semua unsur alam bisa mendapatkan bahan yang diperlukannya untuk bertahan hidup.

Gambar 6.2 menjelaskan secara sederhana siklus oksigen dan karbon dioksida di udara. Gas karbon dioksida (CO_2) diubah oleh tumbuhan menjadi oksigen melalui proses fotosintesis. Lalu oksigen ini dimanfaatkan oleh manusia dan hewan sebagai bahan bakar untuk mencerna makanan dan berbagai proses kimiawi di dalam tubuh. Ketika melangsungkan sejumlah proses ini manusia dan hewan menghasilkan CO_2 yang dilepaskan ke alam, yang kemudian diserap oleh tumbuhan melalui fotosintesis. Putaran oksigen dan karbon dioksida ini berlangsung terus menerus.



SIKLUS OKSIGEN



SIKLUS KARBON

Dalam siklus karbon, tumbuhan tidak hanya menghasilkan oksigen tetapi juga zat pati (karbohidrat) yang dimanfaatkan oleh tumbuhan sendiri untuk pertumbuhannya atau menjadi makanan bagi hewan dan manusia.

Oksigen dan karbon merupakan bahan alami yang tidak dapat diciptakan atau dipunahkan. Namun kegiatan manusia bisa meningkatkan kadar gas-gas tertentu, seperti karbon dioksida di udara. Dalam siklus yang disebutkan di atas, peningkatan kadar gas tertentu dapat mengubah bentuk karbon atau oksigen menjadi beracun dan membahayakan kesehatan dan lingkungan, seperti dijelaskan di bagian 6.3.

6.3 Pencemaran udara

Kondisi udara murni seperti disebutkan di atas – dengan persentase gas pencemar seperti CO_2 hanya kecil – sulit ditemukan. Udara disebut tercemar karena gas-gas atau bahan padat lainnya terdapat dalam jumlah yang berlebihan dari kondisi alami. Gas-gas atau partikel yang mencemari udara kebanyakan bersumber dari berbagai kegiatan manusia.

Pencemaran udara dapat terjadi dalam tiga cara berdasarkan sumber bahan pencemarnya: fisik, kimia dan biologis. Pencemaran secara ***fisik*** terjadi ketika debu dan bahan padat lainnya dilepaskan ke udara. Contohnya, debu dan asap dari pemakaian kayu bakar untuk memasak di perdesaan dan pembakaran sampah.

Di perkotaan penggunaan bahan bakar untuk kendaraan bermotor, khususnya dari knalpot kendaraan tua yang tidak menyaring gas buangannya merupakan pencemar fisik yang penting. Gas buangan ini sering mengandung debu halus seperti, nitrogen oksida dan timbal.

Gambar 6.1 Diagram siklus oksigen dan karbon dioksida di udara (Sumber: Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Udara. Hanns Seidel Foundation).

Dalam jumlah yang melebihi batas, partikel-partikel sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

Pencemaran secara ***biologis*** berlangsung ketika kuman penyakit atau hama berterbangan di udara dan memicu penyebarannya ke tempat yang lebih luas.

Pencemaran secara ***kimia*** berlangsung ketika gas-gas seperti karbon monoksida dan sulfur oksida dilepaskan dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor. Kedua gas ini bisa beracun, demikian juga gas dari penyemprotan pestisida di perkebunan atau lahan pertanian.

Kegiatan pembakaran hutan dan bahan bakar minyak untuk pabrik dan kendaraan bermotor umumnya menghasilkan gas pencemar, terutama karbon dioksida. Gas yang langsung dibuang ke udara ini merupakan gas rumah kaca (GRK) yang sifatnya menyerap panas di atmosfer. Penjelasan lebih lanjut mengenai peran dan efek GRK bagi kehidupan di bumi dijelaskan dalam Bagian 6.5. Di atmosfer molekul gas-gas yang membentuk GRK terdapat secara alami dan berperan penting dalam menyerap radiasi inframerah dari sinar matahari sehingga bumi lebih hangat dan daripada suhu udara di luarnya. Peran GRK ini secara sederhana seperti selimut yang menghangatkan tubuh kita di malam yang dingin. Tanpa GRK suhu bumi terlalu dingin bagi makhluk hidup untuk melangsungkan kehidupan, namun kadar GRK yang semakin meningkat akibat berbagai kegiatan manusia dalam lima puluh tahun terakhir ini menimbulkan masalah pemanasan global.

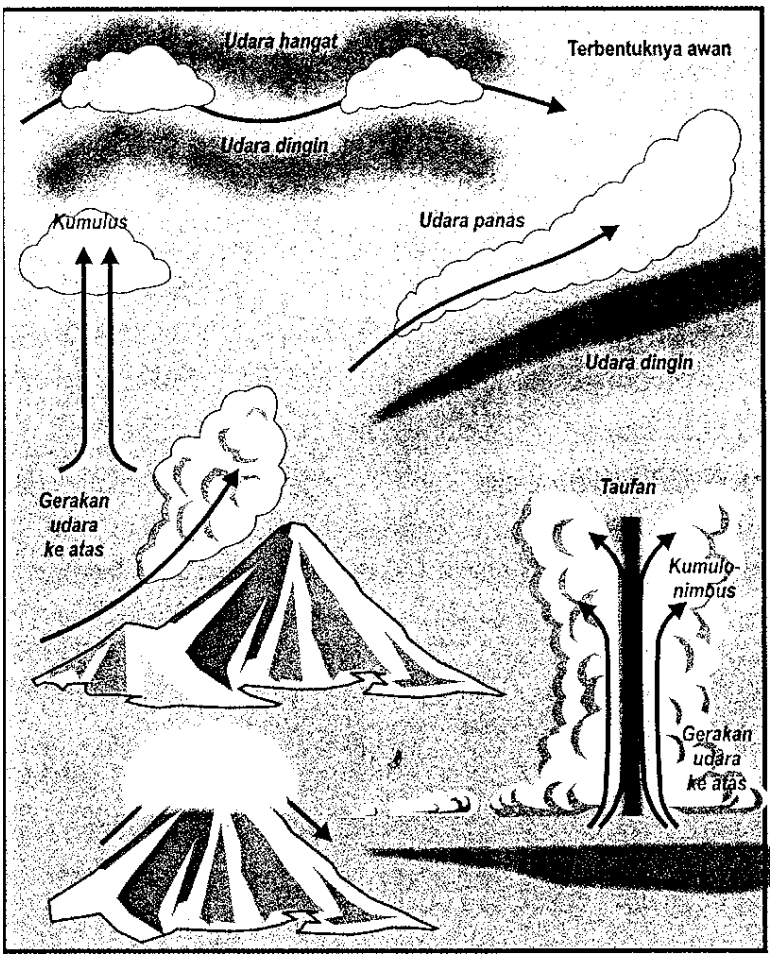
Salah satu akibat yang akan merugikan alam dan manusia adalah peningkatan suhu udara yang akan mengubah pola iklim bumi di tingkat lokal dan global (lihat Bagian 6.4). Efek pencemaran udara juga dapat menimbulkan malapetaka bagi kehidupan binatang dan tumbuhan karena mereka harus menyesuaikan diri untuk dapat bertahan hidup.

Bentuk pencemaran udara yang cukup umum adalah **hujan asam** akibat gangguan siklus air, terutama karena kegiatan manusia yang menggunakan bahan bakar minyak dan batu bara. Uap air dari penguapan permukaan bumi bisa mengandung gas-gas lain namun bahan pencemar utama yang menyebabkan terbentuknya hujan asam adalah **nitrogen oksida (NO_x)** dan **sulfur dioksida (SO_2)**.

Nitrogen oksida berbau tajam menyengat, dihasilkan oleh kegiatan transportasi, pembangkit listrik, dan pembuangan sampah. Kadar gas ini di perkotaan yang berpenduduk padat lebih tinggi daripada perdesaan yang penduduknya sedikit. Sulfur oksida adalah gas yang berbau tajam dan tidak mudah terbakar, secara alami dihasilkan dari letusan gunung berapi. Gas ini terutama dilepaskan oleh pabrik-pabrik yang menggunakan bahan-bahan belerang atau batu bara dan minyak bumi.

Kedua pencemar udara tersebut bereaksi dan menghasilkan asam nitrat (HNO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4) yang terserap uap air yang membentuk awan. Awan yang mengandung larutan asam ini bisa terbawa angin sampai jarak yang jauh, sehingga air hujan tidak selalu jatuh di lokasi sumber pencemarnya. Contohnya, pabrik-pabrik besar di kota Jakarta yang mencemari udara dapat menyebabkan hujan asam di daerah Jawa Barat yang jaraknya ratusan kilometer dari sumber pencemaran.

Hujan asam sering sulit dibedakan dari hujan air biasa karena warnanya sama, namun bisa diukur tingkat keasamannya (secara kimia disebut pH) lebih rendah dari 5,7 (pH air biasa adalah 7). Efek hujan asam dapat merugikan manusia dan lingkungan. Misalnya, air hujan asam yang kena ke kulit langsung membuat gatal-gatal dan memerah. Bangunan, perangkat pembangkit listrik, pabrik dan kendaraan bermotor bisa berkarat karena hujan asam.



Gambar 6.2 **Proses pembentukan awan dan faktor-faktor yang memengaruhinya. (Sumber: Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Udara. Hanns Seidel Foundation).**

Efek hujan asam pada lingkungan antara lain bisa menyebabkan tanah menjadi asam; tumbuhan di atasnya tidak dapat menyerap zat hara di dalam tanah untuk pertumbuhannya dan menjadi mudah terserang penyakit. Di beberapa negara Eropa hujan asam menyebabkan kematian hutan pinus yang sangat luas. Selain itu air danau dan sungai yang menjadi tercemar akan membuat ikan teracuni atau mati karena perubahan keasaman air.

Dari tiga bentuk pencemaran tersebut, pencemaran fisik mungkin yang paling mudah dirasakan efeknya melalui mata, kulit dan hidung. Reaksi tubuh biasanya berupa sesak nafas, kulit gatal, mata perih atau kepala pusing. Pencemaran semacam ini akibatnya sering bersifat sementara. Namun dampak pencemaran juga bisa bersifat menetap dan jangka panjang, seperti kanker paru-paru, penyempitan saluran nafas atau gangguan otak karena pencemaran timbal dalam bahan bakar kendaraan bermotor.

Akibat paling serius dan dapat mematikan biasanya karena zat pencemar tertentu kadarnya terlalu tinggi. Misalnya, gas karbon monoksida yang keluar dari knalpot kendaraan bermotor. Orang yang menghisap gas ini dalam jangka waktu lama akan kekurangan oksigen sehingga pingsan atau bahkan meninggal.

Namun tidak demikian dengan pencemaran kimia dan biologis. Pencemaran kimia lebih sulit dihindari dan efeknya sering baru dapat dirasakan puluhan tahun kemudian. Selain itu, pencemaran kimia lebih berbahaya bagi manusia karena sifatnya menumpuk di dalam tubuh dan menjadi beracun, khususnya ketika jumlahnya melampaui batas yang normal (berakumulasi).

6.4 Cuaca dan pengaruhnya bagi kehidupan

Memahami kondisi udara di sekitar kita sangat penting karena kaitannya dengan cuaca, iklim dan pengaruhnya bagi kelangsungan alam dan kehidupan di dalamnya. **Cuaca** adalah keadaan udara pada suatu tempat dan waktu tertentu. Cuaca dapat berubah sewaktu-waktu karena perubahan suhu, arah angin, tekanan udara, kelembaban udara, curah hujan, dan letak geografis suatu tempat.

Kumulus (arti: gumpalan) seperti kapas ketika bagian bawahnya mendatar, tandanya akan segera menjadi hujan.

Sirus (arti: serpihan tipis memanjang) biasanya terlihat waktu udara cerah.

Nimbus (arti: hujan) gumpalan awan berwarna gelap mengandung uap air yang akan segera menjadi hujan.

Stratus (arti: lapisan atau selimut) biasanya membuat langit mendung.

Gambar 6.3 Empat bentuk umum awan.

Prakiraan cuaca, yang didasarkan pada faktor-faktor cuaca tersebut di atas, dilakukan setiap hari oleh stasiun pengamat cuaca di hampir semua negara. Stasiun cuaca mencatat semua informasi faktor cuaca dalam waktu 24 jam. Data cuaca ini sering ditampilkan berupa peta cuaca yang dapat kita lihat di koran atau di TV atau kita dengarkan penjelasannya melalui radio. Prakiraan cuaca sangat penting bagi kegiatan penerbangan domestik maupun internasional, kegiatan pelayaran dan kegiatan pertanian, khususnya di negara-negara empat musim.

Perubahan cuaca di berbagai penjuru dunia merupakan peristiwa alami. Semua faktor yang memengaruhi cuaca umumnya konstan atau tidak banyak berubah setiap harinya, kecuali suhu. Namun menurut hasil penelitian, dalam 50 tahun terakhir rerata suhu bumi terus meningkat sebagai akibat kegiatan manusia. Pemanasan bumi ini menyebabkan perubahan cuaca di mana-mana. Ketika pola perubahan cuaca rata-rata di suatu tempat ini berlangsung lama, pola cuaca ini disebut iklim.

Iklim di suatu wilayah geografis berbeda dengan iklim di wilayah lainnya, antara lain bergantung pada kedekatannya dengan garis khatulistiwa. Misalnya, di daerah tropis, seperti wilayah Indonesia, iklimnya hangat sepanjang tahun, karena matahari bersinar rata-rata selama 12 jam setiap harinya. Namun tidak demikian di kawasan beriklim dingin, misalnya di Norwegia atau Swedia yang dekat ke kutub utara, selama

musim dingin hampir tidak ada sinar matahari sama sekali selama berhari-hari.

Para ahli iklim (disebut klimatologis) mempelajari kondisi cuaca setiap hari di suatu daerah selama beberapa tahun agar dapat menentukan pola iklim. Informasi terpenting yang menggambarkan iklim adalah keadaan suhu, curah hujan, arah dan kecepatan angin, tekanan udara dan sinar matahari. Misalnya, cuaca di pulau Sulawesi yang berada di wilayah khatulistiwa umumnya hangat sampai panas sepanjang tahun.

Secara sederhana penjelasan proses bekerjanya faktor-faktor cuaca setiap hari adalah demikian: Dari matahari terbit suhu daratan dan perairan menghangat dan menguapkan air ke udara. Uap air ini bergerak ke atas dan sambil bergerak menyerap butir-butir debu dan membentuk awan. Angin menggerakkan awan ke tempat yang lebih tinggi dan suhunya lebih dingin dan ketika awan menjadi semakin berat, perubahan suhu udara membuat uap air mengembun dan jatuh menjadi rintik-rintik hujan (Lihat Gambar 5.1 dan 6.3).

Bentuk awan umumnya dipengaruhi oleh ketinggiannya di atmosfer. Gambar 6.4 menunjukkan empat bentuk umum awan yang namanya berasal dari bahasa Latin dan artinya. Dalam kenyataan bentuk awan tidak selalu murni satu bentuk saja tetapi bisa merupakan kombinasi satu bentuk dengan bentuk lainnya: misalnya kumulonimbus adalah gabungan awan kumulus dan nimbus.

6.5 Perubahan iklim dan peran hutan

Dalam kondisi lingkungan yang stabil, iklim tidak banyak berubah. Namun perubahan lingkungan dalam skala besar dan berlangsung terus-menerus dapat mengubah iklim lokal bahkan memengaruhi iklim global. Pemanasan bumi secara global dan salah satu akibatnya – khususnya perubahan iklim – mengacaukan proses-proses alami yang selanjutnya berdampak merugikan bagi manusia dan kelangsungan alam.

Ada beberapa konsep penting yang perlu diketahui untuk memahami sejumlah penyebab pemanasan bumi dan berbagai akibatnya. Konsep yang terpenting adalah: Atmosfer, Gas Rumah Kaca (GRK), Lapisan ozon dan Efek Rumah Kaca yang masing-masing dijelaskan secara ringkas di bawah ini.

Atmosfer adalah lapisan udara yang terbentang setinggi 400 km di atas permukaan bumi. Ketebalan lapisan udara di atmosfer bergantung pada jaraknya dari bumi. Semakin dekat dari permukaan bumi, lapisan udara di atmosfer semakin tebal, dan sebaliknya. Lapisan atmosfer berfungsi melindungi kehidupan di bumi dari suhu yang terlalu panas atau terlalu dingin, khususnya karena berbagai macam gas yang terperangkap di dalamnya (lihat bagian 6.1).

Gas rumah kaca (GRK) disebut demikian karena kemiripannya dengan fungsi kaca yang dipakai di bangunan rumah atau bangunan lainnya. Selubung GRK di lapisan troposfer ini berada pada ketinggian 7-16 km di atas permukaan bumi. Di alam, GRK ini sebagian berupa uap air yang mencapai atmosfer akibat penguapan air dari daratan dan perairan di bumi. Gas terbanyak kedua adalah karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan dari berbagai proses alami seperti letusan gunung berapi, pernapasan hewan dan manusia dan pembakaran bahan organik (seperti tumbuhan). Selain kedua gas ini ada gas-gas lain yang menyusun GRK, antara lain metana (CH_4), nitrous oksida (N_2O), hidrofluorocarbons (HFCs), dan gas belerang atau sulfur (SF_6).

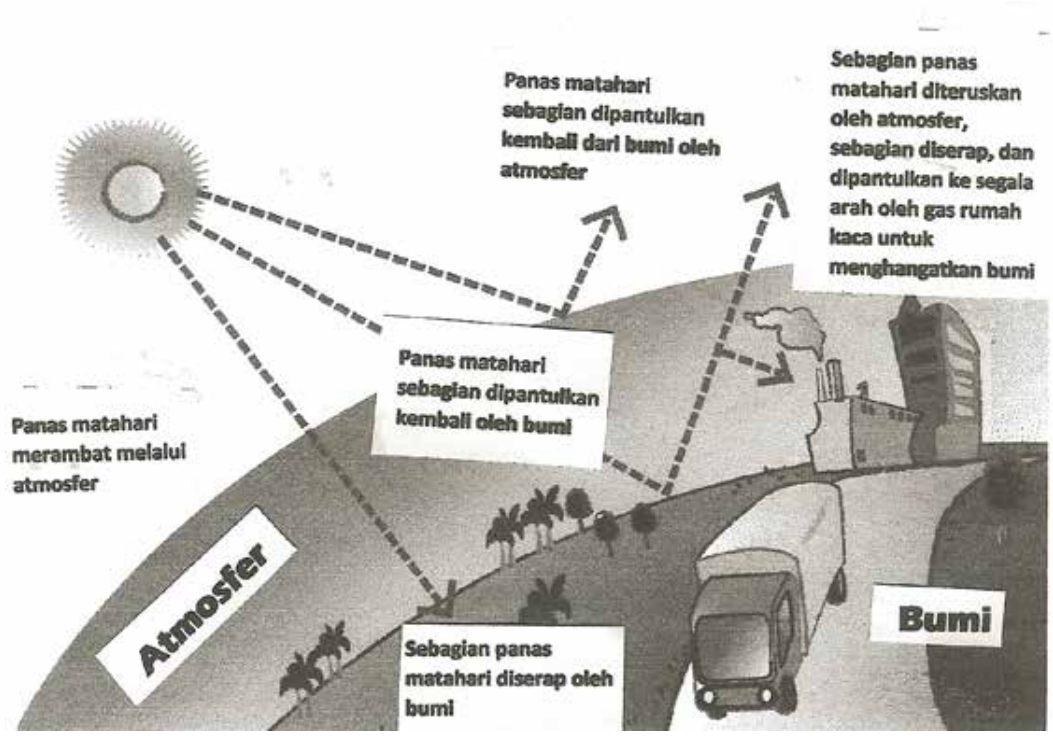
Peran GRK ini dapat dilihat dalam Gambar 6.4 dan dijelaskan demikian: secara alami suhu bumi hangat karena panas dari sinar matahari masuk melalui atmosfer. Panas ini sebagian diserap oleh permukaan bumi dan sebagian dipantulkan lagi ke atmosfer. Di atmosfer

molekul gas-gas pembentuk GRK terdapat secara alami dan berperan penting karena mampu meneruskan cahaya matahari dan juga menahan panas matahari sehingga bumi lebih hangat daripada suhu udara di luarnya. Dengan kata lain GRK berfungsi seperti selimut yang menghangatkan tubuh kita di malam yang dingin. Peran GRK ini memungkinkan hewan, tumbuhan dan manusia dapat bertahan hidup dan melakukan fungsinya. Karena itu efek GRK yang menghangatkan bumi ini disebut **Efek Rumah Kaca**. Coba bayangkan, andai kata tidak ada GRK, suhu rata-rata di bumi hanya sekitar -18 derajat Celcius (suhu di dalam kulkas sekitar -5 sampai -1); tentunya sedikit sekali makhluk hidup yang dapat hidup dalam kondisi sangat dingin ini.

Meskipun fungsinya sangat penting, perubahan komposisi GRK di atmosfer dapat membahayakan kehidupan di bumi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama beberapa puluh tahun terakhir, komposisi GRK meningkat drastis akibat berbagai kegiatan manusia. Gas yang paling banyak meningkat adalah CO_2 yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan penebangan hutan. Akibat utama dari peningkatan jumlah gas ini di atmosfer adalah kenaikan suhu bumi, karena gas ini menyerap panas sinar matahari.

Lapisan ozon berada antara 15-39 km dari permukaan bumi. Ozon (O_3) adalah gas yang terbentuk dari oksigen yang menyerap sinar ultraviolet (ultraungu) dari sinar matahari yang masuk ke bumi. Fungsinya sangat penting melindungi kehidupan di bumi namun fungsi ini sangat dipengaruhi oleh keseimbangan antara ozon yang baik (di bagian atas atmosfer) dan ozon yang jahat (di bagian bawah atmosfer). Lapisan ozon dapat menipis akibat emisi zat kimia CFC (klorofluorokarbon) terutama dari sebagai bahan freon (pendingin) lemari es. Zat CFC yang naik ke atmosfer membuat molekul ozon terpecah atau hancur dan membuat lapisan ozon menipis.

Gambar 6.4. Proses pemanasan bumi karena efek rumah kaca. Sumber http://smart-pustaka.blogspot.co.nz/2011/05/gas-rumah-kaca.html



Penipisan lapisan ozon membuat sinar ultraviolet lebih banyak masuk ke permukaan bumi. Selain membahayakan kesehatan manusia, seperti menyebabkan kanker kulit dan katarak pada mata, berkurangnya ozon juga menurunkan proses fotosintesis sehingga menurunkan hasil produksi tanaman. Semakin tipis lapisan ozon, semakin banyak sinar ultraviolet yang masuk. Akibatnya suhu bumi akan semakin panas, apalagi ketika GRK lainnya (metana dan karbon dioksisa) yang bersifat menyerap panas juga bertambah akibat udara tercemar.

Salah satu efek penebangan hutan dalam 30 tahun terakhir di Gorontalo telah dirasakan oleh masyarakat, terutama berupa suhu lingkungan yang semakin panas. Efek ini mungkin akan bertambah serius, terutama karena penebangan hutan sering diikuti oleh pembakaran, dan umumnya hutan tidak ditanami kembali atau diubah menjadi fungsi lain seperti ladang atau pemukiman. Demikian penjelasannya.

Secara ilmiah hutan tropis diakui sebagai 'gudang penyimpan karbon' yang paling efisien dibandingkan ekosistem lainnya. Hutan yang terdiri dari beragam pepohonan berkayu dan beragam tumbuhan di berbagai lapisan ketinggian melakukan fotosintesis dengan energi dari sinar matahari. Proses ini menyerap gas-gas pencemar, terutama CO_2 dari kegiatan manusia dan mengubahnya menjadi serat untuk menjadi buah atau petumbuhan kayu. Fotosintesis juga sangat penting dalam menghasilkan oksigen yang sangat menentukan kelangsungan hidup alam dan manusia serta makhluk hidup lainnya (lihat Bagian 6.2).

Selain sangat menurunkan penyerapan CO_2 dan penyimpanannnya di dalam tumbuhan, penebangan hutan yang diikuti pembakaran juga melepaskan CO_2 ke udara. Gas ini bercampur dengan gas-gas lain yang menyerap panas sehingga jumlahnya di atmosfer semakin berlipat ganda sementara tumbuhan yang dapat menyerap dan mengubahnya menjadi oksigen semakin sedikit atau bahkan tidak ada. Karena CO_2 bersifat memerangkap panas (lihat Bagian 6.3) suhu udara menjadi lebih panas. Ketika penebangan hutan berlangsung di wilayah yang luas, maka pemanasan akan meluas juga, apalagi kalau hutan ditebang dan berubah untuk penggunaan lain, maka fungsi penting hutan dalam menyerap karbon CO_2 menjadi sirna.

Contohnya, pembakaran tahunan di Kalimantan dan Sumatera, khususnya untuk membuka lahan pertanian dan perkebunan. Pembakaran ini tidak hanya membuat suhu udara memanas tetapi juga menyebabkan pencemaran udara dari debu dan asap. Akibatnya bukan hanya kerugian berupa gangguan kesehatan masyarakat dan kehilangan produktivitas kerja serta biaya kesehatan untuk mengobati penyakit pernafasan tetapi juga kerugian ekonomi, khususnya dari kegiatan penerbangan domestik dan internasional yang harus dibatalkan.

Secara global, hasil penelitian di berbagai penjuru dunia menunjukkan bahwa penggundulan hutan di kawasan tropis bertanggung jawab atas 20%-30% emisi GRK. Persentase emisi ini akan terus meningkat, khususnya ketika hutan yang ditebang tidak ditanami kembali atau diubah menjadi penggunaan lain yang tidak tertutup tumbuhan. Seperti diuraikan di atas, penyebab lain peningkatan GRK adalah pembakaran bahan bakar minyak (dari kegiatan pabrik yang semakin banyak dan tersebar) dan kegiatan transportasi. Selain itu, penggunaan pupuk kimia yang semakin banyak untuk kegiatan pertanian menyebabkan bahan kimia (yang mengandung nitrogen oksida yang merusak lapisan ozon) yang dilepaskan ke lingkungan juga meningkat.

Laporan terkini Tim Ahli Perubahan Iklim Internasional (*IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change*) yang memantau kondisi perubahan iklim di berbagai penjuru dunia menekankan efek negatif pemanasan global

pada kesehatan, produksi dan ketahanan pangan, dan ketersediaan air tawar. Lebih lanjut laporan ini menegaskan bahwa pihak yang akan menanggung risiko terberat pemanasan bumi adalah masyarakat miskin. Dampak yang sudah terasa antara lain: bahaya kelaparan karena perubahan suhu dan curah hujan yang mengacaukan produksi tanaman pangan; kematian akibat banjir karena kenaikan permukaan laut, khususnya di kota-kota pesisir yang rentan banjir; pencemaran air laut dan kekurangan air tawar selama musim kemarau mengacaukan pertumbuhan tanaman pangan; serta gelombang panas yang menyebabkan kemarau panjang di mana-mana. Berbagai efek pemanasan bumi pada keanekaragaman hayati dapat dilihat lebih lanjut dalam Bab 7.

Mengingat pentingnya peran tumbuhan – khususnya hutan tropis – para ahli menekankan dua tindakan terpenting yang harus dilakukan secara serempak untuk mengurangi peningkatan pemanasan bumi. Tindakan ini adalah mengurangi sumber pencemar dan meningkatkan kemampuan alam menyerap bahan-bahan pencemar.

Dibandingkan provinsi lainnya di Pulau Sulawesi, Gorontalo masih memiliki hutan alami yang masih utuh dan terlindung baik, seperti di hutan Nantu. Hutan yang berjasa menyerap karbon, menghasilkan kayu dan rotan serta oksigen perlu terus dipertahankan sebagai hutan. Karenanya upaya perlindungan hutan memerlukan dukungan dari segenap lapisan masyarakat Gorontalo sendiri dan masyarakat internasional agar hutan tetap dapat melakukan fungsinya.

Hutan Gorontalo juga sangat kaya akan keanekaragaman hayati yang masih belum banyak diketahui (lihat Bab 7). Mengingat ancaman penebangan hutan dan penambangan liar yang merusak struktur hutan, upaya untuk menghentikan tindakan-tindakan yang menghilangkan tutupan hutan ini juga terus diperlukan.

Sumber bahan pencemaran di Gorontalo mungkin tidak sebanyak di kota-kota besar seperti Jakarta. Namun dengan pertambahan penduduk dan meningkatnya jumlah kendaraan, pembakaran bahan bakar minyak, serta penambahan pabrik, kadar bahan pencemar di udara tentu akan bertambah.

Untuk meningkatkan kemampuan menyerap zat-zat pencemar yang dihasilkan oleh kegiatan manusia di perkotaan, gerakan penanaman pohon akan sangat membantu mengendalikan masalah pencemaran udara. Berbagai bentuk transporasi ramah lingkungan yang sesuai dengan kemampuan masyarakat Gorontalo perlu terus dikembangkan.

Semua tindakan tersebut, khususnya karena peran tumbuhan dan ekosistem hutan dalam menyerap bahan-bahan pencemar dan mengendalikan iklim lokal perlu terus dilakukan karena setiap orang, secara pribadi maupun bersama orang lain dapat ikut menyumbang dalam mengatasi masalah pemanasan bumi.

Jadi, kaitan antara udara, kegiatan manusia yang mencemarinya dan pemanasan bumi dapat diringkas demikian: udara tercemar karena mengandung gas-gas pencemar dalam jumlah yang terlalu banyak daripada dalam kondisi alami, terutama akibat kegiatan manusia. Gas-gas pencemar (GRK) yang menumpuk di udara menyerap panas dan ketika hal ini berlangsung terus-menerus maka suhu bumi akan terus naik. Kenaikan suhu bumi diperparah ketika pencemar lainnya, seperti metana, karbon dioksida, nitrogen oksida, sulfur oksida di udara kemudian terserap oleh awan dan bereaksi menjadi senyawa asam sehingga air hujan yang jatuh bersifat masam. Peningkatan kadar gas freon menambah parah karena menyebabkan penipisan lapisan ozon. Kombinasi semuanya ini dalam jangka panjang dapat mendatangkan malapetaka bagi manusia dan makhluk hidup lainnya.

Bab 7.

Keanekaragaman Hayati

7.1 Pengertian keanekaragaman hayati

Dalam definisi lingkungan hidup yang dikutip di Pengantar Bagian II makhluk hidup merupakan pelaku utama yang menjalankan proses-proses alami di dalamnya. Sebagai suatu kesatuan yang menyeluruh, makhluk hidup dalam beragam bentuk, warna, ukuran, dan fungsi itu disebut **keanekaragaman hayati**. Istilah ini dibentuk oleh dua kata: 'keanekaragaman' yang berarti bermacam-macam dan 'hayati' yang berarti hidup. Dengan demikian keanekaragaman hayati adalah keragaman makhluk hidup yang terdapat di bumi.

Dua hal terpenting perlu dipahami mengenai keanekaragaman hayati, yaitu **unsur-unsur** yang membentuk keragaman dan **interaksi** antara satu unsur dengan unsur lainnya dan antara unsur dengan lingkungan hidupnya.

Kita semua mudah memahami bahwa keanekaragaman hayati terdiri dari berbagai bagian atau unsur, yaitu binatang, tumbuhan, dan jasad renik. Keragaman atau variasi keanekaragaman hayati dapat terlihat dari *bentuk* atau *penampilan* masing-masing unsurnya. Penampilan atau sifat yang berbeda ini terlihat dalam berbagai tingkatan atau skala biologis, yaitu pada tingkat **genetis, spesies,** dan **ekosistem.**

Contoh keragaman genetis dapat dilihat dalam pola warna bunga mawar yang memiliki gen dominan merah akan berbeda penampilannya dengan mawar yang memiliki gen warna dominan kuning, jingga dll. Keragaman pada tingkat jenis atau **spesies** terlihat, misalnya dalam keragaman jenis tumbuhan yang menghasilkan kayu (kayu rao, nantu, jati, dan berbagai jenis rotan) dan buah. Keragaman jenis hewan dapat dilihat dari berbagai jenis burung, kupu-kupu, kelelawar, serangga dan ikan.

Keanekaragaman unsur hayati pada tingkat gen dan jenis tersebut umumnya berada dalam suatu lingkungan tertentu yang disebut **ekosistem**. Menurut UU No. 32 tahun 2004 yang dimaksud dengan ekosistem adalah "tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling memengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup."

Kekhasan dan keragaman **ekosistem** yang dapat kita lihat ditentukan oleh makhluk hidup di dalamnya dan lingkungan fisik yang memengaruhi kehidupannya, seperti tanah, air, dan suhu. Misalnya, ekosistem danau dicirikan oleh lingkungan air tawar dan tumbuhan dan hewan khas yang hidup di dalamnya.

Demikian pula ekosistem hutan yang dapat dibedakan keragamannya menurut ketinggian daratan yang ditumbuhinya. Misalnya, di Pulau Sulawesi jenis ekosistem hutan dari permukaan

laut sampai ke puncak gunung secara umum dapat dikelompokkan menjadi: hutan mangrove, hutan dataran rendah dan hutan pegunungan. Dalam setiap kisaran ketinggian yang berbeda ini, hewan dan tumbuhan yang hidup di dalamnya juga berbeda. Di dataran rendah Sulawesi sendiri ada beragam ekosistem hutan seperti hutan rawa, hutan di tanah gamping dan sebagainya.

Begitu pula keragaman ekosistem pesisir seperti muara sungai dan terumbu karang. Terumbu karang adalah ekosistem laut tropis yang terdapat di perairan dangkal yang jernih, hangat (lebih dari 22 ^{o}C), memiliki kadar kapur atau kalsium karbonat ($CaCO_3$) tinggi. Ekosistem ini dibentuk oleh binatang karang yang berukuran sangat kecil, disebut *polip*, yang dalam jumlah ribuan membentuk koloni yang dikenal sebagai karang, yang dapat berifat keras seperti batu atau lunak. "Karang" adalah koral, yaitu sekelompok hewan yang menghasilkan kapur sebagai pembentuk utama terumbu, sedangkan "terumbu" adalah batuan kapur di laut, yang juga meliputi karang hidup dan karang mati yang menempel pada batuan kapur tersebut. Terumbu karang umumnya dihuni berbagai jenis ikan yang berwarna-warni dan serta tumbuhan khas yang tahan air asin. Pesisir yang mengelilingi provinsi Gorontalo memiliki ekosistem terumbu karang yang sangat tinggi keragaman karang dan ikan hiasnya dan berpotensi tinggi bagi kegiatan wisata bahari.

7.2 Kepentingan keanekaragaman hayati

Coba bayangkan seandainya alam kita hanya terdiri dari satu jenis pohon atau satu jenis binatang saja, bisakah manusia, hewan dan alam melangsungkan hidup?

Keanekaragaman hayati di tingkat gen, jenis dan ekosistem memang penting, tetapi keragaman sendiri tidak memungkinkan alam melakukan berbagai fungsinya untuk mendukung kehidupan. Setiap unsur keanekaragaman hayati dalam setiap tingkat yang disebutkan di atas, sekecil apa pun memiliki peran penting. Peran ini terlihat melalui **interaksi** atau **hubungan timbal balik** antara satu makhluk hidup dengan yang lain, dan antara makhluk hidup dengan lingkungan fisiknya (tanah, air dan udara).

Bentuk interaksi ini secara garis besar dikelompokkan menjadi tiga: **Produksi**, **Konsumsi**, dan **Penguraian** dengan penjelasan demikian:

1. **Produksi** - Tumbuhan disebut produsen (penghasil) utama karena kemampuannya mengubah gas-gas di alam dengan sinar matahari – melalui proses fotosintesis – menjadi zat makanan yang berguna untuk tanaman tumbuh, menghasilkan batang dan daun bunga. Dengan bantuan serangga, burung atau kelelewar yang menyerbuki bunga, maka dihasilkan buah. Buah yang mengandung biji kemudian dapat berkembang biak menjadi tumbuhan baru dan seterusnya.
2. **Konsumsi** - Hasil proses produksi pertama oleh tumbuhan itu dimakan atau dikonsumsi oleh berbagai jenis hewan dan manusia. Misalnya, burung memakan biji-bijian dan buah dari pohon; tanaman dimakan oleh ayam, atau rumput yang tumbuh segar dimakan oleh kambing. Semua makhluk hidup yang pertama memakan bagian tumbuhan disebut Konsumen 1. Selanjutnya, hewan kecil dimakan oleh hewan lain yang lebih besar, yang disebut Konsumen 2.

   Kita sering kesal kalau digigit nyamuk tetapi nyamuk juga punya fungsi, yaitu sebagai sumber makanan yang penting bagi cicak, kadal, kodok atau laba-laba. Kodok sering menjadi sumber makanan bagi ular, kadang manusia juga ikut memakannya. Burung-burung tertentu memakan laba-laba. Manusia dan hewan pemangsa (predator) sering berperan

sebagai Konsumen 3 atau yang lebih tinggi sesuai tingkat kerumitan rantai makanan yang berlangsung sebelumnya.

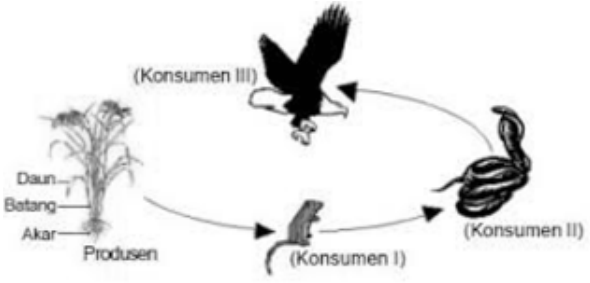
3. **Penguraian** (Dekomposisi) – proses produksi dan konsumsi selalu menghasilkan limbah atau sampah. Sampah yang berasal dari bagian tumbuhan atau hewan yang mati disebut sampah organik dan menjalani proses pembusukan. Proses ini dilakukan oleh jasad renik (organisme yang sangat kecil dan tidak kasat mata, seperti bakteri), **avertebrata** dan serangga tanah dan panas dari sinar matahari.
4. Jasad renik juga membusukkan kotoran yang dihasilkan oleh hewan dan manusia. Mereka memakan atau menghancurkan sampah organik menjadi zat hara di dalam tanah, yang kemudian terurai dan dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman di atasnya. Karena itu kehadiran jasad renik sangat penting dalam **menyalurkan hara** dan tumbuhan akhirnya menghasilkan berbagai barang yang bermanfaat bagi hewan dan manusia. Misalnya, kita sering merasa jijik dengan cacing, namun perannya sangat penting dalam menggemburkan tanah sehingga akar tumbuhan dapat menjangkau zat makanan di dalam tanah.

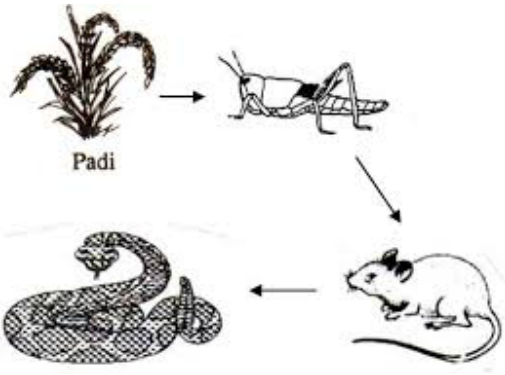
Proses interaksi antara satu unsur dengan unsur lainnya dalam suatu lingkungan hidup disebut **rantai makanan** dan beberapa rantai makanan yang berlangsung bersamaan di dalam suatu ekosistem disebut **jaring-jaring kehidupan**. Gambar 7.1 menunjukkan rantai makanan sederhana pada ekosistem sawah dan peran masing-masing unsur keanekaragaman hayati (produsen, konsumen dan pengurai) di dalamnya.

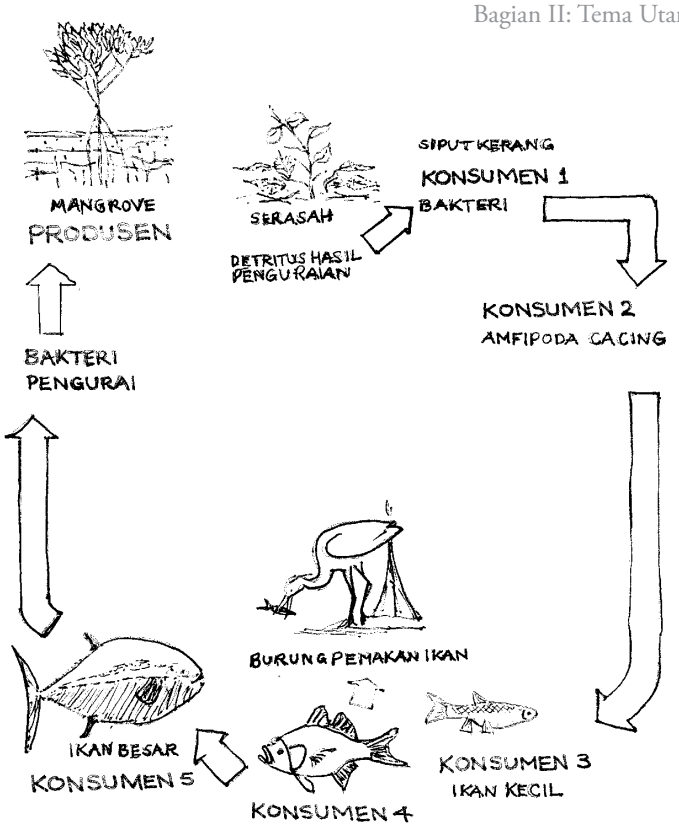
Dalam contoh ekosistem sawah yang sama, beberapa rantai makanan berlangsung secara bersamaan membentuk jaring-jaring kehidupan. Dalam contoh Gambar 7.3 tumbuhan yang sama dimakan oleh ayam, burung, tikus atau belalang sebagai konsumen 1, lalu belalang dimakan oleh kodok (konsumen 2) dan anak ayam dimakan oleh elang (konsumen 2). Selanjutnya kodok dan ayam atau tikus dimangsa oleh ular atau oleh hewan lain yang lebih besar atau manusia (konsumen 3). Bangkai atau sisa proses makan memakan ini umumnya membusuk dan diuraikan oleh bakteri dan jasad renik dan dikembalikan ke tanah untuk dimanfaatkan oleh tumbuhan.

Berbagai bentuk interaksi dan contoh-contoh yang disebutkan di atas penting sekali dipahami. Alasannya adalah karena melaluinya proses-proses interaksi tersebut alam menghasilkan berbagai manfaat dalam bentuk barang

Gambar 7.1 Contoh rantai makanan sederhana di ekosistem sawah (kiri) dan peran masing-masing unsur keanekaragaman hayati sebagai produsen dan konsumen (kanan). Unsur yang mati atau membusuk diuraikan oleh bakteri dan jazad renik lainnya dan bahan yang terurai dikembalikan ke alam, diserap oleh tanah atau tumbuhan (dari beberapa sumber di internet).







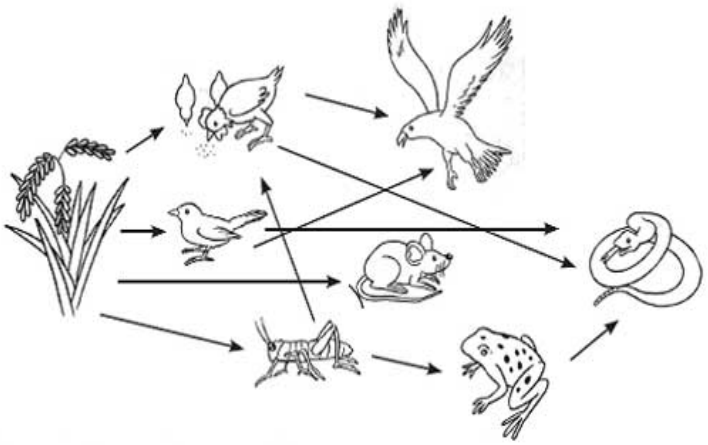
Gambar 7.2 **Contoh rantai makanan sederhana di ekosistem mangrove dan peran masing-masing unsur keanekaragaman hayati sebagai produsen dan beberapa tingkatan konsumen. Unsur yang mati atau membusuk diuraikan oleh bakteri dan jazad renik lainnya dan bahan yang terurai dikembalikan ke alam, diserap oleh tanah atau tumbuhan (Sumber: internet).**

dan jasa atau layanan bagi manusia dan bagi kelangsungan alam itu sendiri. Semakin beragam suatu ekosistem, semakin kokoh pula fungsi yang dijalankannya dan barang atau jasa lingkungan yang dihasilkannya juga dapat berlangsung secara berkelanjutan.

Selain itu keragaman alam sangat penting dalam melindungi manusia dari berbagai bencana. Fungsinya seperti tameng dalam menghadapi bencana. Misalnya, keragaman tanaman dan serangga memberikan peluang untuk pemulihan ketika ada serangan hama seperti yang terjadi pada tanaman jagung beberapa tahun lalu di Gorontalo. Semakin beragam tumbuhan, semakin banyak pilihan yang tersedia bagi manusia untuk mendapatkan sumber makanan dan obat-obatan. Dan semakin beragam hewan yang ada, semakin mantap pula proses-proses produksi pangan yang memerlukan bantuan mereka. Coba perhatikan berbagai hewan pada ekosistem sawah yang perannya diperlukan untuk menghasilkan panen yang baik atau yang merupakan hama yang merugikan.

Melihat pentingnya keragaman di alam, bisa kita bayangkan betapa banyak kerugian yang bisa dihitung dan yang tak terhitung ketika alam yang sangat beragam diubah menjadi seragam (satu jenis tanaman saja). Contohnya, di Gorontalo dulu banyak jenis tanaman jagung lokal yang fungsinya juga beragam untuk keperluan yang berbeda oleh masyarakat di sini. Namun selama sepuluh tahun terakhir ini mungkin jenis jagung asli semakin sedikit karena terdesak dan diganti menjadi satu atau dua jenis saja. Memang jenis baru hasilnya mungkin jauh lebih tinggi, tetapi banyak masyarakat yang tidak menyukainya untuk dimakan.

Contoh lainnya adalah Danau Limboto yang dulu memiliki banyak jenis ikan asli. Namun

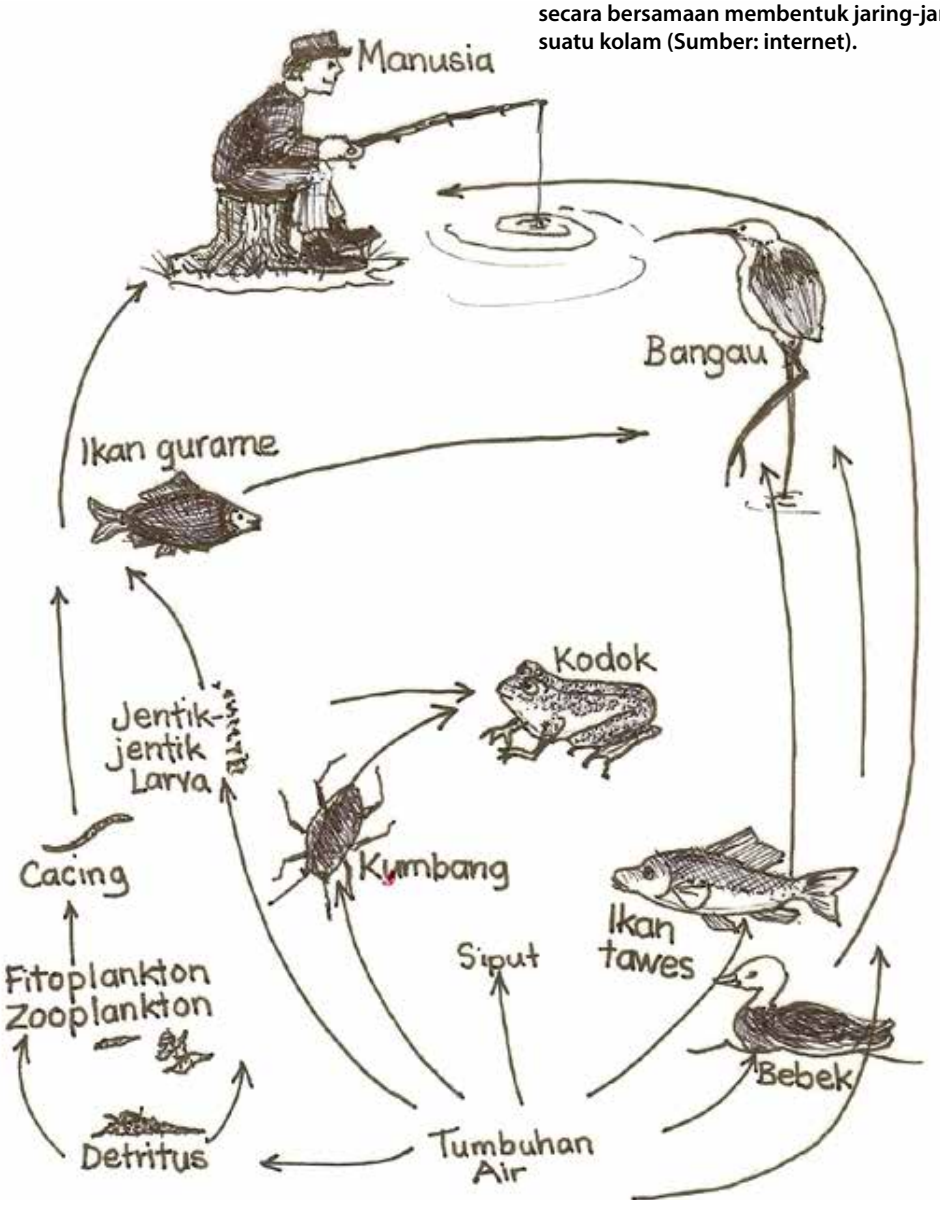


Gambar 7.3 **Beberapa rantai makanan berlangsung secara bersamaan membentuk jaring-jaring kehidupan di sawah (Sumber: internet).**

sejak ikan nila didatangkan dan dibudidayakan di danau ini, banyak jenis asli yang kalah bersaing atau dimangsa sehingga mereka sirna dari di danau ini (Lihat bagian 8.1.5 Pengaruh Jenis Asing pada Ekosistem Alami). Demikian pula kasus hutan alam di Sumatera dan Kalimantan yang secara besar-besaran diubah menjadi kebun kelapa sawit. Tentu aja kebun sawit lebih terbatas fungsinya, yaitu hanya untuk produksi sawit. Sementara itu beragam fungsi hutan lainnya menjadi sirna (lihat Bab 7.3 dan Bab 9 mengenai Efek Kemerosotan Keanekaragaman Hayati).

Sebagai umat beragama, kita mengakui bahwa keanekaragaman hayati merupakan anugerah terbesar bagi umat manusia. Kita tidak menciptakannya; kita hanya menerima warisan yang selama ribuan bahkan jutaan tahun berkembang di alam dan kita sekarang menikmati hasilnya. Bagaimana unsur-unsur keanekaragaman hayati berinteraksi dan menjalankan fungsinya untuk menghasilkan berbagai bentuk manfaat atau jasa lingkungan dijelaskan dalam bagian berikutnya.

Gambar 7.4 **Beberapa rantai makanan berlangsung secara bersamaan membentuk jaring-jaring kehidupan di suatu kolam (Sumber: internet).**



7.3 Jasa lingkungan hidup

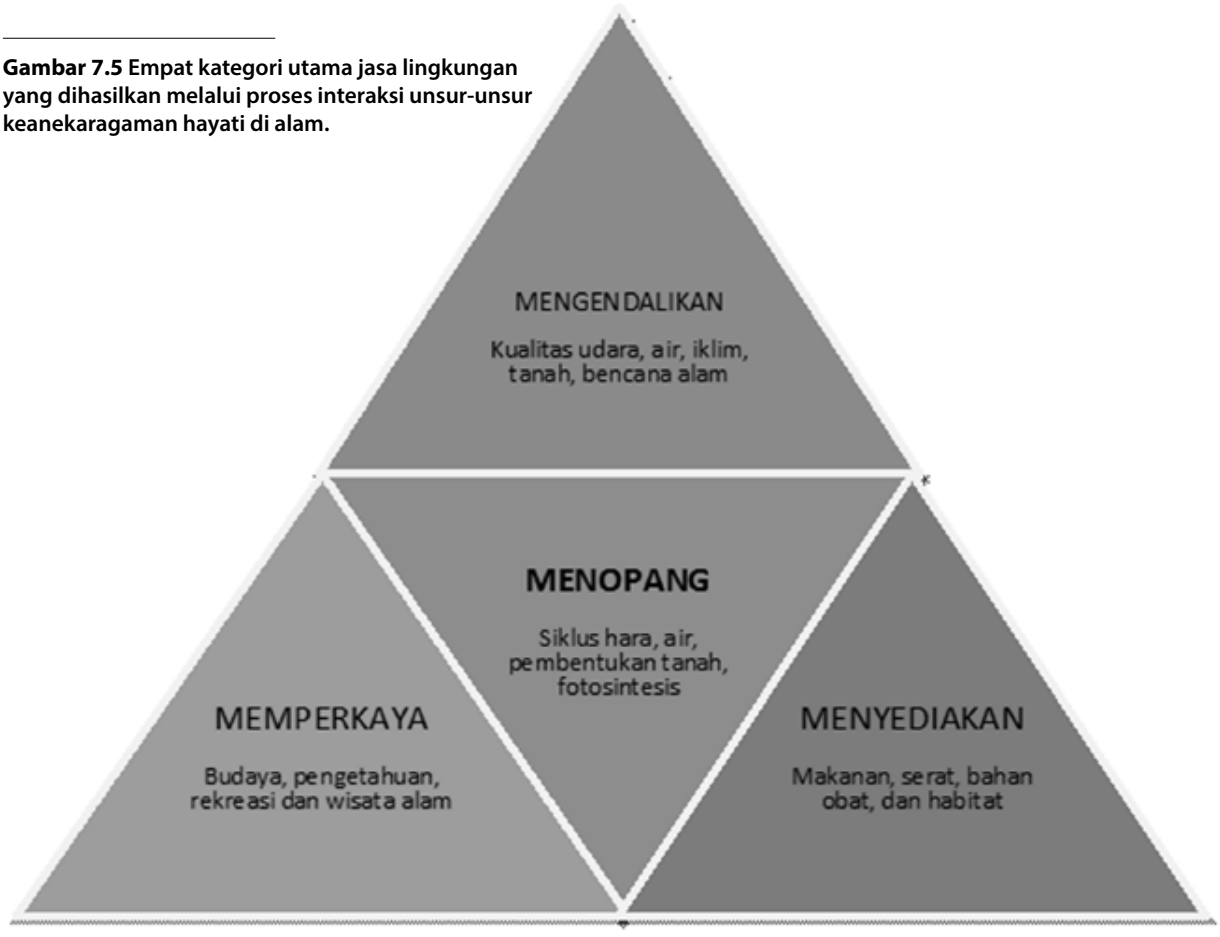
Berbagai bentuk interaksi keanekaragaman hayati dalam ekosistem alami yang menghasilkan bentuk-bentuk manfaat – baik secara langsung atau tidak langsung bagi manusia – disebut **jasa ekosistem** atau **jasa lingkungan**. Semakin beragam suatu ekosistem, semakin mantap pula fungsi yang dijalankannya sehingga jasa lingkungan yang dihasilkannya semakin beragam.

Sekitar 2000 ilmuwan lingkungan internasional pada tahun 2005 melakukan penilaian atas berbagai jasa yang dihasilkan oleh ekosistem alami di seluruh dunia. Mereka membedakan jasa lingkungan dalam 24 kategori, yang dikelompokkan dalam empat jasa utama: **Menopang**, **Menyediakan**, **Mengendalikan** dan **Memperkaya**. Hasil penelitian bersama ini diterbitkan dalam suatu laporan yang menjadi rujukan internasional, berjudul *The Millennium Ecosystem Assessment* (Penilaian Ekosistem Milenium). Gambar 7.4 menunjukkan empat kategori utama ini yang dihasilkan melalui proses interaksi keanekaragaman hayati di alam. Perhatikan bahwa fungsi 'Menopang' merupakan fondasi atau dasar agar ketiga fungsi utama lainya dapat berlangsung.

Setiap kategori manfaat atau jasa yang dihasilkan oleh interaksi keanekaragaman hayati dan contoh-contohnya diuraikan berikut ini:

7.3.1 Menopang proses-proses alami

Proses interaksi antara tumbuhan, hewan dan lingkungan fisik (tanah, air, dan udara) dalam wujud pengaturan proses-proses alami lingkungan yang bermanfaat bagi alam dan



Gambar 7.5 Empat kategori utama jasa lingkungan yang dihasilkan melalui proses interaksi unsur-unsur keanekaragaman hayati di alam.

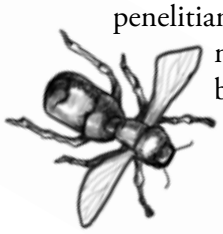
manusia menghasilkan berbagai jasa atau layanan ekosistem. Hal terpenting yang perlu ditekankan adalah sebagian besar dari bentuk jasa alam yang disebutkan di bawah ini dinikmati secara gratis tanpa harus membelinya dengan uang. Contoh-contoh dan penjelasannya adalah sebagai berikut:

Keanekaragaman tumbuhan yang memiliki zat hijau daun melakukan berbagai layanan ekosistem, terutama melalui proses **fotosintesis**. Melalui proses ini zat hijau daun (klorofil) menyerap karbon dioksida dari berbagai kegiatan manusia dan hewan. Dengan bantuan sinar matahari tumbuhan mengubah karbon menjadi makanan untuk pertumbuhannya, yang membuat tanaman tumbuh besar, menghasilkan batang dan daun.

Fotosintesis juga sangat penting karena hanya tumbuhan yang dapat mengubah karbon dioksida menjadi oksigen yang diperlukan manusia dan hewan. Karenanya, peran tumbuhan sangat penting dalam membersihkan udara; semakin rindang tumbuhan atau pepohonan, udara di sekitarnya semakin sejuk karena zat pencemar yang ada diserap dan menjadi bersih.

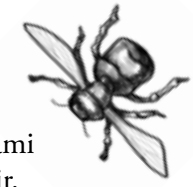
Penyerbukan alami dan pemencaran.
Interaksi tumbuhan dengan berbagai hewan juga menghasilkan beragam jasa lingkungan. Contohnya, burung, serangga dan kelelawar menyerbuk bunga-bunga pohon, sehingga menghasilkan berbagai buah yang bermanfaat bagi manusia dan berbagai hewan lainnya. Selain itu hewan-hewan ini melakukan jasa memencarkan biji dari buah yang dimakan, yang kemudian dapat berkembang biak menjadi tumbuhan baru dan seterusnya.

Salah satu contohnya adalah lebah. Menurut penelitian, sepertiga dari seluruh sumber makanan manusia dihasilkan karena bantuan penyerbukan oleh lebah. Ratusan atau bahkan ribuan lebah di hutan atau di ladang yang mengisap **nektar** dari bunga-bunga dan mengumpulkannya menjadi madu. Buah-buahan yang dihasilkan dari penyerbukan oleh burung, kelelawar dan serangga lainnya di hutan menjadi sumber makanan yang sangat penting bagi kelangsungan hidup hewan di hutan dan juga bagi manusia.



Serangga, burung dan **mamalia** (seperti babi hutan, babirusa, monyet, dan kelelawar) memakan buah-buahan di hutan. Mereka meninggalkan biji dari buah-buahan yang dimakannya, yang kemudian tumbuh menjadi anakan pohon sehingga hutan bisa tetap ada. Misalnya, burung Alo atau rangkong yang memakan buah ara (yang sangat penting sebagai sumber makanan hewan hutan) bisa menyebarkan biji dari buah yang mereka makan sampai sejauh 50 km. Burung Alo ini berjasa sekali untuk melakukan progam penghijauan secara cuma-cuma tanpa bantuan dari manusia!

Perlindungan sumber daya air.
Keanekaragaman tumbuhan hutan (dari tumbuhan bawah di permukaan tanah, tumbuhan yang melilit di pohon, sampai pohon-pohon besar yang menjulang tinggi) membantu menyerap air melalui dedaunan, melalui batang dan jaringan akar di dalam tanah (lihat Gambar 5.1 Siklus Air).

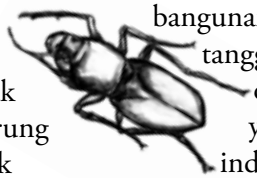


Air yang terserap tumbuhan ini sangat berguna untuk menjaga kelembaban tanah sehingga tumbuhan tidak mengalami kekeringan atau mati karena terendam air. Karena berbagai tumbuhan ini menyerap air, ketika hujan deras tidak semua air langsung mengalir ke sungai dan menimbulkan banjir. Air yang terserap di dalam lapisan tanah akan mengalir perlahan-lahan ke dalam sungai sehingga di musim kemarau pun air tetap tersedia.

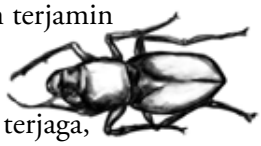
Selain itu akar pepohonan, khususnya di daerah yang berlereng dan di pinggiran sungai, menjaga tanah tetap stabil dan tidak mudah longsor.

Khusus untuk hutan yang berdekatan dengan danau atau sungai, sistem perakaran yang rapat dan halus berfungsi sebagai penyaring alami untuk memurnikan air yang mengandung bahan pencemar sehingga dapat dimanfaatkan dengan aman oleh hewan dan manusia.

Siklus zat hara dan pembentukan tanah. Keragaman makhluk hidup dan interaksi antara avertebrata (hewan tak bertulang belakang di bawah tanah seperti cacing, kumbang, semut dll.) dan jasad renik sangat penting untuk membusukkan dan mengurai sampah atau limbah dari kegiatan manusia. Di hutan, dedaunan dan ranting atau kotoran hewan dan hewan yang mati akan membusuk. Pembusukan ini dilakukan oleh bakteri yang tidak terlihat mata menghasilkan mineral (seperti nitrogen, kalsium, fosfor dan magnesium) di dalam tanah. Mineral ini kemudian dapat diserap oleh akar tanaman dan berguna untuk pertumbuhannya.



Dalam contoh-contoh tersebut beragam makhluk hidup (dari yang tidak kasat mata seperti bakteri sampai ke burung rangkong yang besar) melakukan banyak interaksi yang berbeda supaya suatu ekosistem terus dapat melakukan berbagai fungsinya. Jelas sekali bahwa keanekaragaman hayati sangat penting dalam menjaga kelangsungan kestabilan alam. Kalau alam seimbang dan berbagai interaksi yang mendukung kehidupan di dalamnya berjalan, alampun terjamin kelangsungannya.



Dan ketika semua fungsi alam terjaga, manusialah yang terutama merasakan manfaatnya. Sebaliknya, ketika terjadi gangguan dan kerusakan fungsi-fungsi alam yang penting tersebut, manusia yang pertama akan merasakan kerugiannya. Pada umumnya ketika fungsi alam merosot atau rusak, manusia tidak dapat memulihkan jasa lama yang telah hilang.

7.3.2 Menyediakan berbagai barang

Bentuk jasa lingkungan ini juga dikenal sebagai **Manfaat Biologis.** Menurut penelitian sekitar 80%-90% kebutuhan manusia berasal dari interaksi antara unsur-unsur keanekaragaman hayati dan ekosistem di mana mereka berada. Berbagai barang yang dihasilkan antara lain:

Sumber pangan. Berbagai jenis tumbuhan di hutan, di kebun dan di sawah menghasilkan daun, buah, dan bijian-bijian yang merupakan bahan makanan pokok manusia. Di hutan banyak pohon yang menghasilkan buah-buahan; dulu satwa liar menjadi sumber daging utama bagi masyarakat sekitar hutan. Terumbu karang dihuni oleh banyak ikan yang juga menjadi sumber makanan bagi manusia, termasuk kerang, udang dll. Di sawah, padi yang dipanen menjadi sumber makanan pokok sebagian besar penduduk dunia.

Sumber papan dan serat. Keragaman pohon di hutan menghasilkan kayu untuk bahan bangunan, kayu bakar, perlengkapan rumah tangga, dan serat untuk membuat kertas dan tekstil. Banyak pohon hutan yang menghasilkan getah untuk proses industri yang menghasilkan barang-barang kebutuhan manusia.

Sumber bahan baku obat-obatan. Obat-obatan modern hampir separuh bahan dasarnya dari tanaman, hewan dan **jasad renik**. Indonesia dikenal memiliki 940 jenis tanaman obat tetapi hanya 120 jenis yang masuk dalam bahan baku pengobatan medis. Misalnya, di daerah Bone Sulawesi Utara ada 99 jenis tanaman obat yang dimanfaatkan oleh masyarakat.

Dulu pengetahuan masyarakat mengenai tanaman obat-obatan menjadi sumber pertolongan utama menghadapi berbagai penyakit sederhana. Namun sayangnya, pengetahuan ini jarang didokumentasikan dan tidak bisa diwariskan kepada generasi

sekarang dan masa depan. Banyak tumbuhan di Gorontalo yang dulu diketahui berkhasiat untuk obat sekarang tidak ada lagi.

Selain sebagai bahan baku obat, banyak tumbuhan bermanfaat untuk bahan baku kosmetik. Berbagai macam bunga, seperti melati, mawar, kenanga digunakan sebagai pewangi atau parfum; melati dan minyak kelapa digunakan sebagai pelemas rambut. Demikian juga ramuan rempah-rempah telah lama digunakan sebagai bahan untuk jamu, dan pewarna tekstil, seperti batik.

Cadangan plasma nutfah untuk budi daya tumbuhan dan hewan. Keragaman gen dalam tanaman dan hewan merupakan sumber bagi pengembangan pangan di masa depan. Sifat-sifat genetis yang terkandung dalam tumbuhan dan hewan liar diperlukan untuk meningkatkan kualitas tumbuhan dan hewan yang bermanfaat bagi manusia dan juga menjadi tameng bagi serangan hama yang mengancam ketahanan pangan (lihat Bagian 7.3.4).

Misalnya, jenis tanaman jagung tertentu sifatnya kurang manis rasanya tetapi tangguh dari serangan penyakit. Sementara itu ada jenis yang manis tetapi mudah diserang ulat atau penyakit lainnya. Jika kedua jenis tanaman ini dikawinsilangkan, maka akan dihasilkan tanaman jagung yang manis dan tahan penyakit.

Lembaga-lembaga penelitian tanaman pangan, seperti penelitian kelapa di Manado, penelitian padi dan tanaman pangan lainnya di Bogor, terus melakukan penelitian dan membutuhkan sumber tanaman atau hewan yang dapat dikembangkan kualitasnya untuk meningkatkan produksi, untuk menghasilkan obat dan kepentingan lainnya.

Selain itu, bahan makanan yang bersumber dari segala macam sayuran dan buah-buahan terbukti meningkatkan mutu kesehatan manusia dan meningkatkan daya tahan tubuh dari serangan berbagai penyakit. Semuanya ini adalah berkat kandungan vitamin dan mineral dari beragam bahan makanan yang kita makan.

Menyediakan habitat bagi hewan dan unsur keanekaragaman hayati lainnya. Ekosistem alami yang sangat beragam menyediakan tempat hidup (habitat) bagi berbagai hewan dan tumbuhan. Misalnya, ekosistem hutan dataran rendah dihuni oleh berbagai binatang yang tidak bisa hidup di lingkungan yang sangat dingin seperti di puncak gunung. Contoh yang jelas adalah jenis-jenis burung yang hidup di dataran rendah tidak dijumpai di hutan pegunungan, demikian juga biawak dan monyet.

Contoh lainnya adalah lingkungan hutan yang dihuni jenis burung atau mamalia berbeda menurut ketinggian pohonnya. Hutan mangrove yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut ditumbuhi oleh jenis-jenis tumbuhan (seperti pohon bakau) yang dapat bertahan hidup di air yang agak asin, demikian pula hewan-hewan tertentu seperti kepiting, ikan dan udang bakau. Jenis-jenis pohon dan hewan yang hidup di lingkungan mangrove jarang dijumpai di ekosistem lainnya.

FAKTA

Tumbuhan penghasil makanan di Indonesia yang sudah diketahui
400 jenis tanaman penghasil buah
370 jenis tanaman penghasil sayuran
70 jenis tanaman berumbi
60 jenis tanaman penyegar
55 jenis tanaman rempah-rempah

7.3.3 Memperkaya atau meningkatkan kesejahteraan masyarakat

Bentuk-bentuk jasa lingkungan dalam kategori ini disebut juga **manfaat sosial** karena perannya dalam mendukung kesejahteraan hidup masyarakat**.**

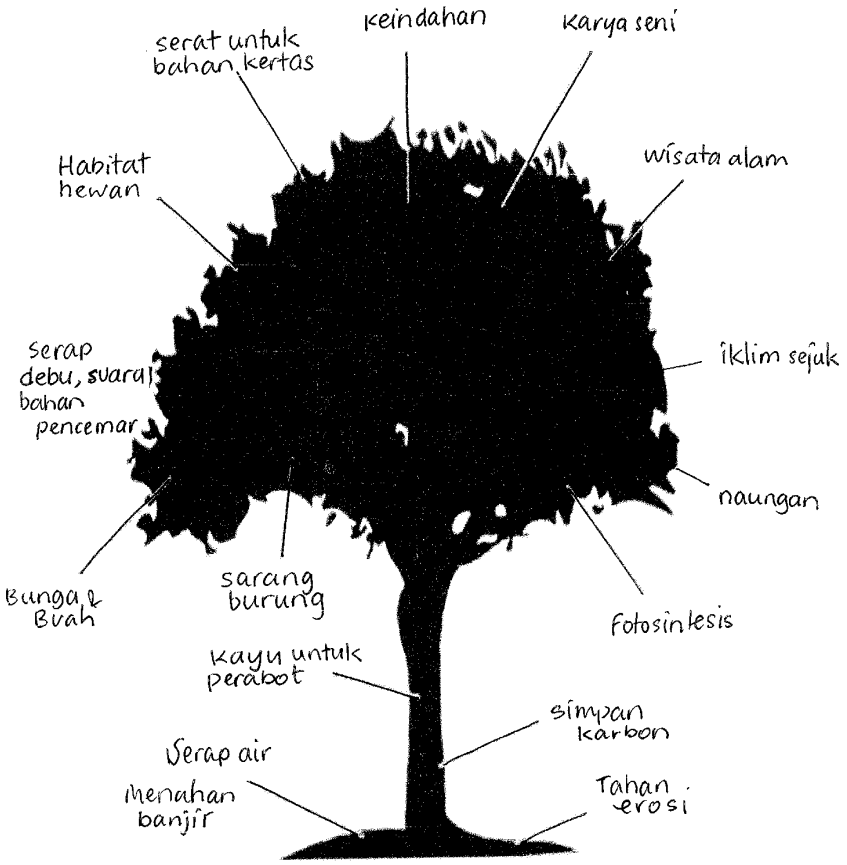
Keanekaragaman hayati merupakan sumber pengetahuan (ilmiah dan tradisional) yang penting untuk pendidikan dan penelitian. Sejak manusia ada di bumi, alam dan segala isinya merupakan sumber pengetahuan. Mengenal isi alam dan berbagai fungsinya memberikan manfaat yang tidak terhingga, yang sebagian besar telah diuraikan dalam manfaat biologis dan manfaat menopang di atas. Sampai sekarang para peneliti masih terus menemukan jenis-jenis binatang dan tumbuhan baru. Adanya keanekaragaman hayati juga memberi kesempatan kepada manusia untuk mengenali dan menemukan manfaat-manfaat baru yang tidak dikenal sebelumnya.

Menyediakan kesempatan untuk rekreasi khususnya anak-anak dan remaja. Alam memberi kesempatan untuk mereka berinteraksi dengan unsur-unsurnya. Misalnya, mengamati serangga dan kupu-kupu, mengamati burung melalui bentuk dan suaranya menggugah dan mengembangkan rasa ingin tahu serta memperkaya pengetahuan mereka.

Kesempatan untuk menjelajah hutan dan menghirup udara segar menggugah rasa terpesona akan berbagai bentuk, warna, dan ukuran tumbuhan. Rasa kagum yang sama juga muncul ketika kita berekreasi di laut, bukan hanya untuk mencari ikan untuk dimakan, tetapi mengagumi keajaiban bentuk, warna, ukuran ikan laut dan berbagai karang yang berwarna-warni dan merupakan rumah bagi ikan-ikan yang indah.

Pengalaman menjelajahi alam ini sering memberikan ilham untuk menulis cerita atau mengarang lagu, tetapi juga membangkitkan rasa kagum dan hormat kepada alam sebagai ciptaan Tuhan yang perlu dipelihara.

Menyediakan kesempatan untuk wisata lingkungan (ekoturisme). Gorontalo memiliki kekayaan alam darat dan laut yang unik dan istimewa. Hutannya kaya akan satwa dan tumbuhan liar dan keragamannya. Pesisir dan laut Gorontalo dengan pemandangan yang indah dan kekayaan ikan dan kekayaan terumbu karangnya merupakan surga bahari yang



Gambar 7.6. Pohon sebagai sebuah ekosistem – menyediakan berbagai barang dan jasa yang bermanfaat bagi manusia dan makhluk hidup lainnya.

istimewa. Semuanya ini memberi peluang bagi pengembangan wisata lingkungan.

Kalangan pemuda yang mengenal baik alam Gorontalo dan bangga dengan kekayaan alamnya bisa menjadi pemandu wisata yang memberikan pengalaman unik bagi wisatawan asing maupun domestik. Kegiatan mendaki gunung juga bisa dipopulerkan untuk menjadi bentuk rekreasi yang sehat dan menguatkan rasa kepedulian terhadap alam lokal.

Memperkaya budaya masyarakat. Banyak masyarakat di kawasan berhutan memiliki tradisi upacara adat. Keragaman tanaman, buah-buahan dan sayuran yang digunakan dalam upacara adat. Misalnya, bambu kuning dan buah-buahan tertentu sudah lama merupakan bagian dari kehidupan budaya yang ditampilkan dalam beberapa upacara adat di Gorontalo. Demikian juga hasil-hasil kerajinan tangan yang bahan bakunya berasal dari tumbuhan lokal.

Semua contoh bentuk manfaat sosial yang disebutkan di atas hanya dapat dinikmati kalau keanekaragaman hayati itu tetap terpelihara dan dapat melangsungkan fungsi-fungsinya. Keberadaannya menyediakan berbagai pilihan untuk pemanfaatan yang lebih luas di masa depan. Alam dan segala isinya yang terjaga merupakan warisan budaya yang tidak terhingga nilainya untuk generasi masa depan.

Dari berbagai contoh dan bentuk manfaat yang diuraikan di atas, jelas bahwa kelangsungan hidup manusia sangat bergantung pada keragaman unsur dan interaksi yang dilakukan oleh keanekaragaman hayati. Meskipun manfaat keanekaragaman hayati begitu banyak bagi manusia, tidak dapat diingkari bahwa kerusakan, kemerosotan dan bahkan kepunahan keanekaragaman hayati terjadi di berbagai penjuru dunia, termasuk di Gorontalo.

Gambar 7.7 Lokakarya pelatihan budidaya tanaman coklat untuk meningkatkan mata pencaharian bagi anggota masyarakat di Desa Sari Tani yang berbatasan dengan kawasan konservasi hutan Nantu.

Ironisnya, kepunahan keanekaragaman hayati sering terjadi sebelum manusia mengenal dan merasakan manfaatnya. Oleh karena itu pemahaman mengenai peran keanekaragaman hayati merupakan hal yang sangat mendasar bagi upaya apa pun untuk melestarikannya. Beberapa kasus kepunahan unsur keanekaragaman hayati mengingatkan kita bahwa apa yang telah lenyap umumnya tidak dapat dipulihkan oleh manusia.

7.3.4 Mengendalikan sejumlah proses alami yang vital

Seperti dijelaskan dalam Bab 4, 5 dan 6 tanah, air dan udara merupakan modal pembangunan yang disediakan oleh alam. Dalam kenyataannya bencana alam dan gangguan hama dan penyakit sering terjadi dan dapat mengganggu atau membahayakan manusia dan lingkungan hidup sehingga perlu dikendalikan. Melalui interaksi keanekaragaman hayati alam juga menyediakan jasa pengendalian, seperti ditunjukkan dalam empat contoh berikut:

Menjaga kestabilan iklim. Manusia dan makhluk hidup lainnya memerlukan udara segar (oksigen) agar dapat bertahan hidup. Beragam tumbuhan di dalam hutan, dari tanaman bawah sampai pohon yang menjulang tinggi menyerap sinar matahari yang panas. Karena itu udara di sekitar hutan jauh lebih sejuk daripada kota yang tidak banyak tumbuhannya.

Fungsi penting berbagai tumbuhan adalah menyerap karbon dioksisa (CO_2) dari udara yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar untuk segala macam kegiatan manusia. Dengan bantuan sinar matahari tumbuhan mengubah CO_2 menjadi serat yang tumbuh menjadi batang, cabang dan daun. Proses ini dikenal sebagai **siklus karbon.** Peran tumbuhan dan hutan dalam mengendalikan iklim lokal maupun global dapat dilihat dalam Bagian 6.5.

Pohon-pohon tua memang tidak banyak menyerap CO_2, tetapi kalau pohon-pohon ini mati ditebang, dibakar atau membusuk, maka semua karbon yang di dalamnya terlepas ke atmosfer dan menambah kadar CO_2 di udara. Karena sifatnya sebagai salah satu, 'gas rumah kaca' (Lihat Bab 6.5) yang menyerap panas, efeknya adalah meningkatkan suhu bumi. Karena itu fungsi hutan sangat penting dalam

mengendalikan iklim lokal (menyerap CO_2 dan menghasilkan oksigen) tetapi juga sebagai, 'gudang alami' penyimpan karbon.

Karenanya kegiatan penghijauan, yaitu penanaman pohon di lahan-lahan yang sebelumnya tidak banyak berpohon, akan membuat CO_2 terserap dalam pertumbuhan pohon-pohon ini, sehingga jumlahnya di atmosfer menjadi berkurang. Menurut hasil penelitian terkini, hutan, pohon dan tumbuhan lainnya menyerap lebih dari seperempat gas CO_2 yang dihasilkan dari kegiatan manusia setiap tahunnya. Karena itu semakin sedikit hutan, suhu lingkungan semakin panas. Sekarang kita masih bisa menghirup udara segar tanpa membayar, kalau hutan semakin langka mungkin kita harus membeli oksigen dalam botol!

Pembentukan dan perlindungan tanah. Keanekaragaman jenis tumbuhan yang tingkat kedalaman akarnya juga beragam berfungsi untuk mendukung struktur tanah dan menjaga kelembabannya. Jasa terpenting yang diberikan oleh tumbuhan bagi tanah adalah kemampuannya menahan tanah dari ancaman erosi.

Layanan ini terkait dengan fungsi daun dan akar tumbuhan, terutama tumbuhan berdaun lebar. Daun berfungsi menahan laju percikan hujan yang jatuh sehingga lapisan tanah atas tidak lepas butirannya dan mudah terbawa angin. Sementara daun yang gugur menahan air di dalam tanah agar tetap lembab dan tidak cepat menguap sehingga membuat tanah menjadi kering. Jaringan akar yang tampaknya kusut, seperti diperlihatkan dalam Gambar 7.6 akar berfungsi mengikat butiran tanah supaya tetap stabil dan tidak mudah tererosi.

Penahan atau tameng dari bencana alam. Banyak bentuk bencana alam, seperti banjir, kebakaran hutan, tanah longsor, dan gelombang tsunami yang tingkat kerusakannya dapat dikurangi karena keanekaragaman tumbuhan. Misalnya, ketika terjadi kebakaran hutan, maka hutan akan ludes kalau hanya ditumbuhi satu jenis pohon saja. Namun kalau jenis pohon di dalam hutan beragam, maka ada peluang bagi hutan untuk pulih karena jenis-jenis yang tidak terbakar akan tumbuh kembali.

Gambar 7.8 Sistem perakaran pohon di hutan mangrove yang berjasa dalam mengurangi efek erosi dari gelombang pasang surut dan membantu menjaga kestabilan tanah.

Pengendali hama dan penyakit alami. Seperti fungsinya dalam menahan atau memulihkan dari bencana alam, ekosistem yang beragam – baik dalam hal tumbuhan atau hewannya – akan lebih mampu bertahan dari kemungkinan serangan hama dan penyakit. Demikian pula kemampuannya untuk pulih akan lebih tinggi ketika terjadi serangan hama atau penyakit.

Contohnya adalah serangga, khususnya kepik yang memakan telur serangga hama yang menyerang tanaman pangan. Jenis-jenis bunga tertentu, seperti kenikir yang ditanam di sekitar rumah bisa menghela nyamuk sehingga tidak bersarang di sekitar rumah. Di sawah, laba-laba, kumbang kura-kura atau kumbang

koksi (*ladybird*) berguna karena memakan telur serangga lain yang menjadi hama. Tanaman bawang putih atau bawang merah juga dikenal mengusir serangga tertentu yang merusak tanaman petani.

Keempat bentuk jasa lingkungan yang diuraikan diatas disediakan oleh alam secara gratis. Agar semua bentuk jasa itu dapat terus dinikmati sekarang dan di masa depan, keberadaannya harus tetap terjaga. Dalam bagian selanjutnya akan dibahas berbagai penyebab dan pendorong kemerosotan keanekaragaman hayati dan bagaimana kita sebagai individu dan bersama orang lain dapat terlibat dalam melestarikan keanekaragaman hayati demi kelangsungan hidup kita sendiri.

Bab 8.

Pemicu Perubahan Keanekaragaman Hayati

Selama jutaan tahun keanekaragaman hayati mengalami perubahan secara alami. Namun hasil penelitian global oleh para ilmuwan (yang diterbitkan dalam *The Millennium Ecosystem Assessment* atau Penilaian Ekosistem Milenium) menunjukkan bahwa penurunan keanekaragaman hayati akibat kegiatan manusia yang berlangsung selama 50 tahun terakhir ini 100-1000 lebih cepat daripada yang berlangsung secara alami.

Laporan global tersebut menunjukkan bahwa dari 24 jenis ekosistem yang memberikan berbagai layanan atau jasa kepada manusia, lebih dari separohnya dalam kondisi merosot. Dan yang lebih mengkhawatirkan, peningkatan laju kemerosotan ekosistem – beserta jenis dan gen yang ada di dalamnya – tidak menunjukkan tanda-tanda akan melambat. Salah satu contoh yang sudah sering kita dengar dari berita koran dan TV adalah kecepatan kehilangan ekosistem hutan alam di wilayah Indonesia. Kondisi seperti ini sangat mengurangi potensi keanekaragaman hayati untuk pemanfaatan di masa depan. Bahkan jenis yang belum diketahuipun telah lenyap tanpa diketahui manfaatnya dan tidak bisa dipulihkan kembali.

Menurut hasil penelitian di berbagai penjuru dunia, kemerosotan keanekaragaman hayati sebagai akibat kegiatan manusia penyebabnya bisa bersifat langsung dan tidak langsung. Hal-hal atau faktor-faktor yang tercakup dalam penyebab langsung dan tidak langsung ini akan diuraikan secara ringkas dalam bab ini. Tujuannya adalah memberikan kerangka untuk melihat secara obyektif dan menolong kita memahami secara luas sehingga kita diberdayakan untuk ikut mengatasi di tingkat yang sesuai dengan kemampuan kita. Namun tujuan yang lebih luas lagi adalah supaya kita terdorong untuk bekerja sama dengan pihak lain yang mampu untuk mengatasi penyebab dalam cakupan yang lebih luas dan memiliki wewenang yang lebih tinggi.

8.1 Penyebab langsung

Bentuk-bentuk kegiatan manusia yang merupakan penyebab langsung adalah yang menimbulkan perubahan langsung yang merugikan keanekaragaman hayati. Menurut hasil penelitian global, penyebab utama yang bersifat langsung ini berupa penyempitan atau kemerosotan ekosistem/ habitat, eksploitasi atau pengambilan sumber daya alam secara berlebihan, pencemaran, perubahan iklim, dan penggunaan jenis hewan atau tumbuhan asing.

8.1.1 Penyempitan atau kehilangan ekosistem/habitat

Kegiatan ini umumnya terjadi untuk memenuhi kebutuhan lahan untuk memenuhi keperluan tanaman pangan, kayu atau tanaman industri. Banyak sekali contoh di Sumatera dan Kalimantan, dan juga akhir-akhir ini di Papua, di mana hutan ditebang dalam skala besar untuk mengambil kayu, ditambang mineralnya, atau diubah menjadi perkebunan sawit atau untuk perumahan penduduk.

Sebagian dari kegiatan tersebut memang dilakukan untuk menghasilkan pendapatan bagi negara, perusahaan swasta atau masyarakat. Namun dalam pelaksanaannya keuntungan ekonomi dari konversi lahan dalam skala besar tidak seimbang dengan kerugian ekonomi yang ditanggung masyarakat luas, khususnya kerugian lingkungan yang sering lebih sulit dihitung secara finansial. Contoh yang jelas adalah penyempitan lahan hutan di Kalimantan, yang dulu dihuni populasi orangutan tersebar di seluruh bagian pulau yang berhutan. Namun dalam 30 tahun terakhir ini, orangutan yang hanya terdapat di Indonesia saja (endemik) merosot sekali jumlahnya dan sekarang berada di ambang kepunahan.

Penyebab utama kemerosotan orangutan (dan populasi babirusa di Sulawesi) satwa liar ini kehilangan tempat tinggal (habitat) dan pohon-pohon yang menjadi sumber makanannya. Dalam kasus orangutan, sering dilaporkan bahwa mereka memasuki kampung penduduk dan mengambil makanan dari kebun mereka; mereka mati dibunuh karena dianggap menganggu masyarakat.

Selain itu, konversi hutan dan hutan alam yang tersisa namun sempit dan terpencar membuat satwa dan tumbuhan yang tersisa tidak lagi mampu berkembang biak. Dan ketika hal ini terjadi mereka pasti akan punah. Selanjutnya, kepunahan ini menghilangkan fungsi orangutan dalam ekosistem hutan yang mungkin tidak dapat digantikan oleh satwa lain. Jadi selain jenis satwa liar yang khas ini hilang, peran dan jasa yang dilakukannya bagi kelangsungan hidup ekositem hutan juga merosot atau bahkan hilang.

Di Gorontalo, penebangan hutan dalam skala luas telah berlangsung bertahun-tahun. Akibatnya bukan hanya hutannya yang berkurang, tetapi juga merugikan ekosistem lainnya seperti Danau Limboto. Menurut penelitian, kedalaman danau dalam 30 tahun terakhir ini telah menyusut sampai hanya sepertiganya, karena erosi tanah yang terbawa dan mengendap di danau. Selain menjadi lebih dangkal, ruang di danau untuk budidaya ikan menjadi menyempit. Penangkapan ikan yang terus-menerus juga telah menyebabkan banyak jenis ikan yang dulu hidup di danau ini sekarang tidak ada lagi.

8.1.2 Pemanenan atau penangkapan yang berlebihan

Keanekaragaman hayati yang sekarang masih tersisa sebagian hanya ada di hutan alam. Namun umumnya masyarakat memandang hutan hanya sebagai sumber kayu saja, padahal banyak sekali barang dan jasa yang disediakan oleh hutan (lihat Bab 9**).**

Dalam hal penebangan hutan, permintaan kayu dari hutan alam yang terus meningkat membuat penebangan jauh melebihi kecepatan pohon untuk tumbuh. Apalagi ketika pengambilan kayu dari hutan tidak diikuti penanaman kembali. Karena penebangan hutan terjadi dalam skala luas dan berlangsung sangat cepat selama bertahun-tahun, jenis-jenis pohon menjadi semakin langka dan atau bahkan punah.

Namun yang lebih parah lagi, penelitian menunjukkan bahwa ketika 1 pohon ditebang untuk diambil kayunya, paling sedikit ada 10 pohon lainnya yang mati atau rusak karena

tertimpa dalam proses penebangan dan pengangkutan kayunya.

Dari segi ekonomi, pemerintah yang berwenang memberi ijin kepada perusahaan penebangan hutan dan bertanggung jawab mengawasi proses pelaksanaannya seharusnya menerima pendapatan dari setiap pohon yang ditebang. Namun karena banyak penebangan liar, pendapatan pemerintah dari hutan kecil sekali dan keuntungan uang dari penebangan liar hanya dinikmati oleh beberapa orang atau pihak yang terlibat saja. Hal ini karena jumlah kayu yang ditebang dari hutan tidak dilaporkan dan penebang liar tidak membayar biaya ijin atau iuran hasil hutan yang diambilnya.

Contoh lainnya adalah pengambilan rotan. Gorontalo dulu dikenal sebagai salah satu daerah yang kaya jenis-jenis rotan yang sangat bernilai untuk industri kerajinan mebel dan perabotan rumah tangga lainnya. Sayangnya pengambilan rotan tidak terkendali, dan sering dilakukan dengan cara-cara yang merusak, seperti menyeret batang rotan dari tanaman induk dan mengangkutnya keluar hutan atau bahkan dengan pembakaran. Cara-cara yang merusak ini dan tanpa upaya penanaman kembali telah membuat cadangan rotan di Gorontalo merosot tajam.

Wawancara untuk penelitian dengan sejumlah pengusaha rotan di Gorontalo tahun 2004-2005 menunjukkan bahwa dibandingkan 5-10 tahun yang lalu, pencari rotan sekarang harus berjalan memasuki hutan dalam waktu yang jauh lebih lama, dengan hasil rotan yang lebih sedikit dan ukuran batang rotannya juga jauh lebih kecil. Sementara itu sampai sekarang masih belum ada 'perkebunan' rotan yang berhasil. Akibatnya, kegiatan bisnis mebel dari bahan rotanpun terancam kelangsungannya bahkan banyak yang gulung tikar.

Demikian juga dengan penangkapan satwa liar. Dulu babirusa dan Anoa serta rusa mudah sekali dilihat di hutan Gorontalo. Begitu juga burung Maleo, rangkong, berbagai jenis kelelawar. Jumlah satwa liar di hutan merosot tajam dan mengancam kemampuan berkembang biak. Sebaran jenis-jenis di alam yang diburu merosot tajam akibat penangkapan untuk dijual dagingnya ke Sulawesi utara.

Hampir semua orang di Gorontalo tahu bahwa kemerosotan populasi burung Maleo adalah karena telurnya diambil untuk dimakan atau dijual. Selain itu habitat burung yang memerlukan pasir hangat untuk mengerami telurnya juga semakin menyempit. Pada tahun 1979-an pantai-pantai di sekitar Cagar Alam Panua merupakan lokasi yang memiliki burung Maleo terbanyak di Sulawesi. Sekarang warga Gorontalo sendiri hanya bisa melihat burung Maleo dari foto saja!

Semua contoh di atas tidak hanya mendatangkan kerugian ekonomi, baik yang bisa dihitung berupa uang maupun bukan uang. Kerugian lingkungan dan sosialnya juga sangat banyak. Ironisnya, kerugian yang tidak dapat dihitung dengan uang ini biasanya yang menanggung adalah kalangan masyarakat miskin.

8.1.3 Pencemaran lingkungan

Lingkungan disebut tercemar karena masuknya bahan-bahan kimia secara berlebihan ke dalam lingkungan air, tanah, atau udara sehingga menganggu keseimbangan kehidupan di dalamnya. Pencemaran udara biasanya terjadi akibat pembakaran yang berlangsung dalam skala besar dan terus-menerus dalam waktu lama. Misalnya, asap dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor dan dari pabrik melepaskan zat CO_2 di udara, yang dikenal sebagai gas yang memanaskan suhu bumi. Selain itu pencemaran dari gas ini juga menganggu kesehatan manusia karena memicu berbagai penyakit yang berkaitan dengan pernafasan.

Di darat, contoh pencemaran terjadi di lahan pertanian yang diberi pupuk kimia melebihi takaran atau dosis yang aman. Bahan-bahan kimia yang tertimbun di dalam tanah membunuh serangga, cacing dan jazad renik lainnya. Tanah juga menjadi memadat karena cacing yang berfungsi sebagai penggembur tanah mati dan tidak bisa menjalankan fungsinya.

Demikian juga penggunaan pestisida untuk memberantas hama tanaman pangan. Pada umumnya pestisida dari bahan kimia itu tidak hanya membunuh serangga hama dan ulat yang mengganggu tanaman padi atau jagung, tetapi juga membunuh serangga lainnya yang merupakan sahabat petani, seperti kepik dan kumbang koksi atau laba-laba. Serangga sahabat petani ini memakan telur-telur serangga pengganggu, tetapi ikut binasa. Banyak juga burung yang mati karena memakan ulat seranga yang terkena racun. Lebah dan tabuhan yang berjasa menyerbuki tanaman pangan juga ikut terbunuh.

Pencemaran di darat juga disebabkan oleh pembuangan sampah. Dulu ketika daun pisang atau daun lainnya digunakan untuk pembungkus, sampah organik ini akan membusuk dan kembali melebur dengan tanah. Sekarang berbagai jenis makanan – terutama jajanan – dibungkus plastik, tetapi sebagian orang tidak tahu atau tidak mau tahu bahwa berapa ribu tahunpun plastik itu tertimbun di dalam atau di atas tanah, tidak akan pernah membusuk. Namun sayangnya, banyak anggota masyarakat yang begitu mudah untuk membuang sampah plastik di mana-mana.

Pencemaran sungai atau perairan lainnya (danau dan laut) sering terkait erat dengan kegiatan di darat. Sungai-sungai di sekitar kita sering diperlakukan sebagai tempat sampah umum. Sampah yang mengapung akhirnya akan dibawa ke laut dan menyumbat dan mencekik kehidupan binatang di sungai atau muara sungai.

Pabrik-pabrik juga sering membuang sampah cairnya (limbah) langsung ke sungai sehingga zat-zat kimia yang digunakan dalam proses di dalam pabrik mencemari air sungai. Air yang tercemar ini sering menjadi sumber penyakit bagi masyarakat yang menggunakan air sungai untuk mandi, mencuci pakaian dll. Pencemaran bahan kimia ini terjadi di beberapa sungai di Gorontalo di mana masyarakat melakukan kegiatan penambangan emas. Limbah penyemprotan serta bahan kimia seperti merkuri dan sianida yang digunakan umumnya langsung dibuang dan mengalir ke sungai seperti S. Paguyaman. Akibatnya, air sungai yang semula jernih dan tidak berbau menjadi berwarna, berbau dan beracun.

Menurut hasil penelitian Badan Lingkungan Hidup dan Riset Daerah Provinsi Gorontalo di beberapa desa di Kabupaten Gorontalo Utara, kadar pencemaran air sungai karena kegiatan penambangan ini jauh dari ambang batas yang diijinkan untuk keseharan manusia. Selain mematikan ikan dan makhluk hidup lainnya di sungai, pencemaran ini telah menyebabkan penyakit kulit bagi anggota masyarakat yang menggunakan air sungai untuk keperluan sehari-hari.

Gambar 8.1 Sungai yang tercemar merugikan kesehatan manusia dan kehidupan keanekaragaman hayati di dalamnya.

Semua contoh pencemaran di atas secara langsung atau tidak langsung mendorong kemerosotan keanekaragaman

hayati di darat, di sungai dan perairan lainnya. Akhirnya manusia juga yang akan menanggung kerugiannya.

8.1.4 Perubahan iklim

Perubahan iklim merupakan proses alami. Namun yang menjadi masalah adalah perubahan yang dipicu oleh sejumlah kegiatan manusia. Karena itu berbagai kebijakan internasional dan nasional terus dikembangkan untuk menekan sumber-sumber penyebabnya sehingga akibat yang ditanggung oleh keanekaragaman hayati dan manusia yang merasakan manfaatnya dapat ditekan sekecil mungkin.

Secara sederhana perubahan iklim akibat kegiatan manusia dapat ditunjukkan dalam kegiatan penebangan hutan dan konversi hutan menjadi lahan bukan hutan. Karena kumpulan pohon dan tumbuhan lain di dalam hutan merupakan 'bendungan' atau penyerap alami karbon yang terbesar, ketika hutan ditebang atau berubah fungsi (di mana pohon-pohon tidak ada lagi dan luas hutan menyempit) maka karbon dilepaskan ke **atmosfer**. Laporan penelitian internasional menegaskan bahwa pelepasan karbon dari kegiatan ini merupakan 20% sumber emisi gas-gas yang menyebabkan pemanasan bumi.

Pengaruh negatif kenaikan suhu bumi yang membuat permukaan air laut meningkat sudah banyak didokumentasikan di beberapa pulau dan negara di kepulauan Pasifik dan berbagai daerah pesisir di Indonesia. Naiknya permukaan laut di pulau-pulau kecil membuat tanah menjadi asin dan tidak lagi cocok untuk menanam tanaman pangan oleh masyarakat lokal. Pola-pola bertanam pangan yang mereka kenal secara turun-temurun tidak lagi dapat mereka terapkan. Dalam jangka panjang mereka akan menghadapi bahaya ketahanan pangan dan kelangsungan hidup masyarakatnya.

Dalam kurun waktu yang panjang pemanasan bumi diperkirakan akan menyebabkan kekacauan pola ikim, perubahan musim dan kejadian cuaca ekstrem yang sekarang dapat dirasakan efeknya dimana-mana (lihat Bab 6). Contohnya antara lain musim hujan lebat yang terjadi dalam waktu pendek. Hujan badai sering memicu banjir, yang sering menelan korban jiwa dan menghancurkan lahan pertanian dan bangunan dengan kerugian yang sangat besar. Musim hujan yang berkepanjangan juga mengganggu pola tanam tanaman pangan seperti padi di sawah tadah hujan. Tanaman padi muda yang terlalu banyak diguyur hujan akan mati terbenam dan kalau terlambat mendapat hujan akan mati kekeringan. Keduanya berakibat gagal panen.

Demikian juga pengaruhnya pada musim pembungaan tanaman buah. Musim hujan yang berkepanjangan akan merontokkan bunga tanaman buah dan menggagalkan panen. Sementara musim kemarau yang berkepanjangan dan perubahan suhu bisa menyebabkan kematian massal, atau meledakkan perkembangbiakan hama dan penyakit.

Perubahan musim juga memengaruhi pola perkembangbiakan hewan yang menjadi perantara penyakit. Misalnya, nyamuk *Anopheles* dan *Aedes* yang menyebabkan malaria dan demam berdarah hidup di hutan. Kerusakan atau kehilangan hutan membuat suhu lingkungan sekitarnya lebih hangat sehingga nyamuk mudah berkembang biak dan meningkatkan populasinya. Ledakan penyakit malaria akibat meningkatnya populasi nyamuk *Anopheles* merupakan contoh paling umum akibat kehilangan hutan di banyak negara di Asia Tenggara, termasuk Indonesia.

Kemungkinan kerugian ekonomi akibat perubahan pola iklim sangat tinggi. Jika dibandingkan dengan penyebab langsung lainnya, tingkat masalah yang akan dihadapi

Kotak 8.1 Jenis asing yang berpotensi sebagai bencana lingkungan di Gorontalo

Kawasan Botu dulu merupakan bukit tandus dan gersang yang mengalami perubahan ekologis yang drastis dalam 20 tahun terakhir ini. 'Tamu' yang mengubah wajah Botu ini berupa perdu berduri yang bernama ilmiah *Acacia nilotica* yang telah mendominasi seluruh perbukitan sampai tembus di dekat pelabuhan ferry.

Dalam wawancara dengan tokoh-tokoh masyarakat Gorontalo ternyata 'tamu' di Botu ini tidak dikenal oleh sebagian besar tuan rumah masyarakat Gorontalo, apalagi dampaknya yang merugikan.

Keprihatinan ini mendorong penulis untuk membagikan informasi ini kepada warga Gorontalo, berdasarkan pengamatan 'bencana ekologis' yang telah terjadi di Taman Nasional Baluran, ketika penulis melakukan penelitian di sana tahun 1985. Dampak jenis asing karena ketidaktahuan kita akan perilaku tanaman berduri ini sampai sekarang masih belum dapat diatasi.

Siapa dia?
Tanaman tamu bernama *Acacia nilotica* ini juga dikenal dengan nama Acacia arabica. Nama dalam bahasa Indonesia untuk tanaman ini tidak ada, dan hampir pasti nama lokal juga tidak ada karena tanaman ini adalah jenis asing yang dibawa dari benua Afrika. Jenis yang termasuk tumbuhan polong ini berkerabat dengan lamtoro atau petai cina. Tingginya dapat mencapai 5-8 m, dahan dan ranting berwarna coklat sawo matang agak berkilap.

Percabangannya menyerupai payung terbuka dengan daun majemuk berukuran kurang lebih lebar sekitar 0,5 cm, panjang sekitar 1 cm berwarna hijau tua. Ciri khas tumbuhan ini adalah duri tajam sepanjang sekitar 5 cm berwarna keputih-putihan pada setiap ketiak daun di sepanjang ranting. Karena itulah dalam bahasa Indonesia tanaman ini disebut Akasia duri. Bunganya berbentuk bola kuning mirip dengan bunga putri malu (*Mimosa pudica*) yang menutup ketika disentuh. Akasia duri menghasilkan biji seperti petai cina, namun jauh lebih pendek ukuran polongnya. Di dalam polong yang berwarna coklat tua ketika kering ini terdapat banyak biji kecil yang ringan sehingga mudah sekali menyebar terbawa angin. Perdu ini dapat tumbuh pada kondisi tanah yang sangat miskin, bahkan yang berbatu di berbagai ketinggian di daerah yang beriklim kering.

Akasia duri dibawa ke Indonesia sekitar tahun 1850, namun setelah tumbuhan ini ditanam di Kebun Raya Bogor, ternyata produksi getahnya sangat rendah sehingga pohon-pohon dimusnahkan 40 tahun kemudian. Apa yang terjadi kemudian tidak terdokumentasi, tetapi ternyata tahun 1969 tumbuhan ini ditanam di Baluran di dekat Banyuwangi, ujung timur Pulau Jawa yang berseberangan dengan Bali. Tujuannya adalah sebagai pohon sekat bakar untuk menghindari api dari kebakaran yang sering terjadi di padang rumput di Baluran, agar tidak menjalar ke kawasan hutan jati. Karena Baluran terutama ditumbuhi hutan kering dan padang rumput, daerah ini rentan kebakaran tahunan di musim kemarau. Untuk mengatasi masalah kebakaran rutin inilah akasia duri ini 'diundang' dari Afrika.

Padang rumput Baluran merupakan yang terluas di Jawa (10.000 ha) dan memiliki keunikan sebagai tempat hidup (habitat) berbagai mamalia liar besar, khususnya banteng yang hanya ada di Baluran dan Ujung Kulon di Jawa Barat. Banteng adalah nenek moyang sapi yang kita kenal sekarang. Kawasan seluas 25.000 hektar yang sebagian besar berupa padang rumput seperti di Afrika ini sejak jaman Belanda sudah dijadikan kawasan konservasi (1930). Namun baru 50 tahun kemudian (1982) Pemerintah Indonesia menetapkan sebagai salah satu taman nasional pertama di Indonesia, karena keunikan ekosistem dan berbagai satwa liar yang hidup di dalamnya seperti banteng, rusa, kerbau liar, ajak dan burung merak serta ratusan jenis burung lainnya.

Apa dampak ekologi dan ekonominya?
Dampak buruk tanaman ini terutama karena sulit sekali dikendalikan. Di kalangan ahli lingkungan di seluruh dunia kejadian di Baluran ini adalah contoh bencana ekologis akibat introduksi atau penggunaan jenis asing yang merusak kondisi lingkungan tuan rumah. Beberapa akibat negatif akasia duri di Baluran antara lain:

1. Jenis yang tumbuh cepat di tanah yang kering dan miskin hara ini mendesak pertumbuhan rumput yang merupakan makanan utama banteng, maskot utama TN Baluran. Banteng yang termasuk 'suka pilih-pilih' makanan ini kehilangan sumber makanan utamanya. Bagi kerbau liar yang mau makan segala tumbuhan, akasia duri tidak bisa dimakan karena durinya. Hal ini bisa menyebabkan keseimbangan alami (baik tumbuhan maupun binatang) terganggu yang pada gilirannya mengancam populasi satwa liar dan menyebabkan penurunan populasinya.

2. Di banyak tempat pertumbuhan *Acacia nilotica* ini sangat rapat sehingga rumput di bawahnya tidak dapat hidup. Kejadian ini kemungkinan karena kompetisi kebutuhan cahaya, namun juga karena adanya fenomena alami di dunia tumbuhan yang disebut *alelopati*. Fenemona ini merupakan salah satu strategi yang digunakan oleh tumbuhan untuk bertahan hidup, khususnya pada kondisi biofisik (jenis tanah, iklim, dan air) yang ekstrim. Senyawa alelopati dapat dilepaskan dari akar yang atau bunga, daun, buah, dan biji sehingga tumbuhan lain di bawah atau di sekitarnya tidak dapat hidup. Jika diperhatikan tidak ada tanaman lain di Botu yang tumbuh di tempat-tempat akasia duri berada.

3. Masyarakat sekitar Baluran yang dulu dapat mengumpulkan ranting pohon-pohon di pinggiran hutan untuk kebutuhan kayu bakar sekarang kesulitan mendapatkan kayu bakar. Sementara ranting dan batang akasia yang sangat keras sulit sekali dipotong dengan parang biasa, karena durinya panjang dan sangat tajam.

4. Akhirnya, kerugian yang mungkin paling sulit dikendalikan adalah persebaran biji yang sangat ringan dan mudah dibawa angin. Jika di tanah gersang saja tanaman ini bisa tumbuh, apalagi kalau mencapai lahan-lahan yang subur. Seandainya setelah kita mengenal tanaman ini kemudian ada langkah penanggulangan supaya tidak menyebar lebih jauh dari persebarannya sekarang ini, siapa yang bisa menahan gerakan angin untuk menyebarkan biji ke lahan-lahan budidaya di Gorontalo?

Upaya mengatasi

Di TN Baluran penyebaran akasia duri ini mencapai lebih dari setengah kawasan. Masalah ini sebenarnya telah mulai diketahui akhir tahun 1970-an, yaitu 10 tahun setelah tanaman didatangkan. Berbagai upaya untuk menanganinya mulai dilakukan pertengahan tahun 1985. Misalnya, secara mekanis dengan pencabutan, penyuntikan bahan kimia ke batang, pembakaran, dan pemanfaatan batang untuk bubuk kertas. Upaya terakhir ini dilakukan bekerja sama dengan pabrik kertas lokal, tetapi ternyata tidak berhasil.

Batang yang diameternya kecil dan sangat keras juga tidak dapat dijadikan bahan mentah untuk kerajinan ukiran Bali. Pemanfaatan sebagai kayu bakar untuk masyarakat sekitar taman nasional juga tidak berhasil karena selain sulit untuk memotong batang dan rantingnya, setiap bonggol yang ditinggalkan justru berkembang biak lebih cepat sampai sekitar 30 tunas baru! Pemusnahan dengan penggalian, yang kemudian diikuti pembakaran akar tidak mempan juga.

Menurut Kepala TN Baluran waktu itu (1994/95), cara yang paling menjanjikan untuk mengatasi akasia duri adalah dengan pencabutan dengan alat berat, tetapi selama dua tahun kemudian harus ada pencabutan tunas-tunas baru. Masih juga usaha ini kalah cepat dengan laju invasi tumbuhan tamu ini. Sementara itu dana pengelolaan taman nasional yang umumnya sangat kecil tidak mungkin bisa difokuskan untuk mengatasi 'penyakit' ini saja.

Gambar: Kiri - 1) Cabang yang berbunga dan berduri pada *Acacia nilotica* dan bunga (2) serta buahnya (3). Sumber: PROSEA 1992. Kanan – perdu akasia berduri di bukit Botu – Gorontalo.

Kehilangan habitat asli dan sumber makanan adalah dua tekanan utama yang menyebabkan kepunahan satwa liar. Pada akhirnya yang rugi manusia juga. Selain harus kerepotan 'dijajah' oleh si tamu berduri, kerugian ekonomi juga sudah mulai terasa karena savana "Afrika Jawa" yang mengundang ribuan wisatawan asing dan domestik setiap tahunnya untuk 'bersafari' menyaksikan sisa satwa liar yang unik kini berubah menjadi hutan duri yang susah dikendalikan. Tamu-tamu mulai enggan, binatang seliar apa pun tidak mau menyentuhnya!

Sekarang kembali ke Botu. Siapa yang membawa akasia duri ke sini mungkin sulit dilacak. Orang yang menanamnya mungkin tidak tahu dan terdorong untuk membuat bukit tandus yang panas itu hijau dan tanahnya tidak longsor karena ditahan oleh sistem perakarannya. Namun kita semua melihat akibatnya. 'Tamu asing tak dikenal' ini sekarang melanda sebagian besar Botu.

Sebagai provinsi yang pembangunannya berbasis lahan (pertanian, perkebunan, kehutanan) dan kawasan Botu ini terbuka dan tidak dilindungi, mungkin pengalaman buruk dengan Baluran itu membangunkan kita untuk segera mencari tindakan pengendalian dan juga pencegahan supaya akasia duri tidak menyebar lebih luas. Dalam upaya gerakan rehabilitasi lahan dan penghijauan kota yang dilakukan secara cukup antusias, mungkin masyarakat harus hati-hati memilih jenis tanaman asing untuk ditanam Gorontalo, apalagi kalau 'perilaku' tanaman yang akan ditanam tidak dikenal baik. Tentu kita tidak ingin tamu tak dikenal semacam akasia duri ini menimbulkan kemalangan bagi rakyat Gorontalo.

(Dr Ani Kartikasari, konsultan konservasi keanekaragaman hayati, tinggal di Selandia Baru. Penulis melakukan penelitian di Gorontalo atas dukungan dana dari ***Darwin Initiative for the Survival of the Species*** yang berbasis di Inggris)

akibat pemanasan bumi akan sangat rumit dan tidak bisa dipulihkan. Karena itu para ahli kebijakan iklim menyarankan tindakan pencegahan dengan mengurangi faktor-faktor pemicu perubahan iklim (lihat Bab 6). Tindakan praktisnya antara lain adalah mengurangi pembakaran bahan bakar minyak dan sebanyak mungkin menekan konversi atau penebangan hutan.

Tindakan penting lainnya adalah meningkatkan kesadartahuan segenap lapisan masyarakat mengenai sejumlah penyebab dan akibat perubahan iklim sehingga bisa terlibat dalam memikirkan dan mendukung jalan keluar sesuai dengan tingkat kemampuan masing-masing.

8.1.5 Penggunaan jenis hewan atau tumbuhan asing

Penggunaan jenis tumbahan dan hewan asing di suatu lingkungan yang bukan habitat aslinya diakui sebagai penyebab kemerosotan keanekaragaman hayati lokal yang paling serius setelah penggundulan hutan.

Jenis asing merugikan lingkungan lokal karena umumnya menang bersaing dengan jenis asli dalam menggunakan habitat lokal (sumber makanan, oksigen, dan ruang). Jenis asing yang ini lalu mendominasi lahan dan bahkan menyebabkan jenis asli di suatu tempat menjadi punah. Banyak sekali contoh penggunaan jenis asing dan kerugian yang telah terjadi di Indonesia.

Salah satu contohnya terjadi di Taman Nasional Baluran Jawa Timur dan di perbukitan Botu di Gorontalo (lihat Kotak 8.1) dan serangan kutu loncat pada tanaman jenis lamtoro atau petai cina untuk kegiatan penghijauan pada pertengahan 1980-an.

Kutu loncat yang berasal dari Amerika Selatan masuk ke wilayah Indonesia karena terbawa dalam biji-biji lamtoro yang tertempeli telurnya atau kutu dewasa ikut terbawa dalam biji yang diimpor. Karena lingkungan alam sangat cocok untuk pertumbuhannya, kutu ini berkembang biak pesat sekali di negeri ini, namun tidak ada pemangsa asli alaminya karena jenis ini bukan penghuni asli lingkungan Indonesia. Akibatnya kutu loncat ini merajalela tanpa hambatan dan dalam waktu singkat menjadi wabah yang menyerang semua tanaman lamtoro di Jawa, Sumatera, dan Nusa Tenggara.

Kutu loncat ini membuat tanaman lamtoro ludes karena 100-200 ekor kutu memakan pucuk daun sampai habis, dan lebih mengganas ketika musim kemarau. Kutu yang sangat ringan ini mudah menyebar ke tempat yang luas karena terbawa angin. Wabah kutu loncat ini mendatangkan kerugian ekonomi dan lingkungan yang sangat mahal bagi masyarakat dan negara.

Dominasi eceng gondok perairan tawar di seluruh Indonesia, termasuk D. Limboto juga merupakan pelajaran penting (lihat Bab 5.2). Tanaman hias ini didatangkan dari luar negeri dan ditanam di danau buatan di Kebun Raya Bogor tahun 1960-an. Tumbuhan air berbunga ungu ini memang indah, tetapi karena tumbuh sangat cepat dengan perakaran lebat, tanaman ini dalam waktu singkat menutupi semua permukaan danau, menggusur tumbuhan air lainnya dan menyebabkan pendangkalan karena akarnya mengikat tanah (lihat Bab 5.2).

Contoh lainnya adalah impor keong emas yang dibawa ke berbagai negara Asia dari Amerika Selatan oleh peternak yang mengekspor dagingnya ke Eropa. Namun keong-keong yang terlepas dari kolam-kolam memasuki sungai dan selokan sampai ke sawah-sawah. Di sawah keong-keong ini berkembang biak cepat sekali karena habitatnya sangat cocok bagi mereka. Sekali bertelur keong betina menghasilkan sekitar 500 telur berwarna merah muda. Gumpalan telur ini menempel di batang tumbuhan air, terutama padi dan memakan

batang tanaman padi muda. Karena sulit dikendalikan dan tidak ada pemangsa alami yang memakan telur maupun anakannya, keong emas menjadi wabah yang meresahkan petani dan menurunkan hasil panen padi.

Di Gorontalo sendiri, kekayaan jenis ikan di D. Limboto dulu cukup tinggi. Namun setelah jenis ikan nila didatangkan dan dibudidayakan untuk konsumsi lokal, ikan ini menyaingi dan bahkan memangsa jenis-jenis asli sehingga punah.

8.2 Akar penyebab

Kelima faktor penyebab langsung yang dibahas dalam Bab 8.1 tersebut sering terjadi secara tersendiri namun yang lebih sering, dua atau lebih faktor berlangsung bersamaan di suatu lokasi. Misalnya, di Gorontalo faktor penyempitan habitat dan pemanenan berlebihan terlihat jelas dalam ekosistem hutan alam dan di D. Limboto. Dalam kenyataannya kedua faktor penyebab ini berlangsung terus karena sejumlah akar penyebabnya masih terus ada dan berpengaruh dan sulit dihilangkan atau bahkan dikurangi pengaruhnya.

Bagian ini menguraikan secara ringkas sejumlah akar penyebab yang mendasari berbagai penyebab langsung, yaitu peningkatan jumlah penduduk, kebijakan pemerintah dan kondisi perdagangan sumber daya alam dan bagaimana masing-masing faktor ini memengaruhi penyebab langsung.

8.2.1 Peledakan jumlah penduduk

Pengendalian jumlah penduduk merupakan salah satu tantangan terbesar bagi masyarakat lokal maupaun global, kerana keinginan untuk menikmati gaya hidup modern yang kadang boros dalam pemakaian sumber daya alam.

Lebih lanjut, sebenarnya bukan hanya jumlah penduduk yang perlu dikendalikan, tetapi perubahan perilaku konsumsi bagi setiap anggota masyarakat. Memahami pengaruh pertambahan penduduk pada kemampuan alam untuk mendukung segala kebutuhan hidup warga manusianya merupakan langkah awal – kita hanya punya satu planet yang dapat dihuni.

Pertambahan jumlah penduduk yang tidak terkendali menambah tekanan pada lingkungan fisik, seperti air dan tanah untuk memenuhi kebutuhan hidup penduduk. Tidak terhindarkan bahwa lahan dan air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan makanan, kayu untuk bangunan rumah, dan serat untuk pakaian dan membuat kertas, kebutuhan energi serta kebutuhan ekonomi lainnya terus menanjak.

Semakin banyak lahan yang dialokasikan untuk pemenuhan kebutuhan pokok manusia, semakin tinggi pula kemampuan alam yang dibutuhkan untuk menyerap sampah dan limbah kegiatan manusia. Di sisi lain, lahan yang semakin menyempit juga menimbulkan tantangan baru dalam pembagian pemanfaatannya secara adil.

Pemenuhan berbagai kebutuhan yang terus meningkat tersebut umumnya dilakukan dengan membuka hutan alam, menebang kayunya atau menggunakan lahannya untuk

kebutuhan lain yang bukan hutan. Misalnya, hutan diubah menjadi perkebunan (seperti kelapa sawit, karet, atau tanaman akasia penghasil bubur kayu untuk kertas) atau untuk perumahan.

Di Gorontalo, pertumbuhan penduduk di banyak perdesaan mendorong masyarakat yang tidak memiliki sawah atau ladang untuk membuka hutan untuk ladang berpindah dengan cara membakar hutan. Sementara pertambahan penduduk di kota juga meningkatkan berbagai kebutuhan yang perlu dipenuhi.

Gambar 8.2 Bumi yang lelah menanggung beban manusia dan segala keinginan dan kebutuhannya (Sumber: internet)

Umumnya hutan alam menjadi sasaran untuk kegiatan pengembangan pertanian atau pemukiman, karena tidak ada lahan lain yang tersedia (lihat bagian bawah mengenai sejumlah program pemerintah untuk mengatasi kepadatan penduduk di pulau-pulau lain). Padahal kawasan hutan yang masih tersisa sebenarnya secara resmi merupakan kawasan konservasi atau hutan lindung yang disisihkan oleh pemerintah untuk berbagai kepentingan lingkungan yang tujuan jangka panjangnya adalah untuk mendukung kelangsungan hidup masyarakat.

Kawasan konservasi sesungguhnya merupakan benteng perlindungan terakhir bagi keanekaragaman hayati untuk mendukung masyarakat dalam menghadapi berbagai kemungkinan masalah (lihat Bab 7.2). Namun keanekaragaman hayati yang ada di dalamnya mengalami tekanan yang semakin besar dari kegiatan ekonomi masyarakat. Rongrongan kegiatan ilegal seperti di Cagar Alam Panua dan desa-desa sekitar TN Bogani Nani Wartabone merupakan contoh lokal yang jelas.

8.2.2 Kebijakan pembangunan nasional dan daerah

Terkait erat dengan pertambahan penduduk adalah pemenuhan kebutuhan lahan untuk pemukiman. Biasanya pembangunan pemukiman juga memerlukan pembangunan sarana lain seperti jalan untuk menghubungkannya dengan wilayah di sekitarnya. Misalnya, sekitar tahun 1970-an hutan Paguyaman masih sangat lebat dan melimpah dengan pohon-pohon besar serta satwa liar.

Namun karena penduduk di Pulau Jawa sangat padat, pemerintah nasional dengan program transmigrasinya membuka lahan hutan dalam skala sangat luas untuk perumahan dan produksi pangan di banyak provinsi di luar Jawa, termasuk Gorontalo. Bahkan lokasi pemukiman ini dibuka dari hutan yang berseberangan dengan hutan Nantu yang merupakan sisa terakhir hutan alami di Sulawesi yang sangat kaya dengan keanekaragaman hayati.

Begitu pula ketika Gorontalo menjadi provinsi baru, kegiatan pemekaran wilayah dan pembangunan kantor-kantor baru memerlukan lahan dan kayu untuk bangunan dalam jumlah banyak. Karena di Gorontalo tidak ada hutan tanaman, maka sebagian besar kayunya ditebang dari hutan alam.

Pembangunan jalan-jalan baru memang bermanfaat untuk memudahkan komunikasi, khususnya antara masyarakat pedesaan dengan kota. Namun kegiatan ini juga memudahkan orang untuk memasuki kawasan yang sebelumnya sulit dijangkau. Misalnya, jalan-jalan baru memudahkan bentor untuk memasuki daerah pedesaan yang berdekatan dengan hutan. Karena bentor juga mampu mengangkut barang-barang keperluan penambangan di dalam hutan, kegiatan penambangan liar (PETI) di dalam hutan juga semakin marak karena lebih banyak orang yang lebih mudah untuk masuk hutan dibandingkan ketika mereka hanya masuk hutan dengan berjalan kaki.

8.2.3 Kondisi pasar dan perdagangan hasil alam

Hutan di Indonesia dibuka untuk penebangan hutan komersial sejak awal tahun 1970-an. Sekarang luas hutan di negeri ini hanya tinggal separohnya. Bahkan di Sulawesi, yang hutannya relatif lebih sempit daripada Kalimantan dan Sumatera, hutan yang tersisa hanya yang ada di pegunungan. Seperti kedua pulau besar ini, hutan dataran rendah di Sulawesi, termasuk Gorontalo, sudah tidak ada lagi kecuali di dalam kawasan konservasi seperti hutan Nantu dan TN Bogani Nani Wartabone.

Fakta

Tumbuhan dan satwa liar yang menghadapi bahaya kepunahan di Gorontalo?
- Berbagai jenis rotan
- Berbagai pohon penghasil buah (duku liar, nangka, dll)
- Satwa liar: Anoa, babirusa, monyet, kelelawar, burung Maleo, tikus hutan
- ada lagi yang lain .....

Satu contoh lagi kebijakan pemerintah nasional yang memengaruhi hutan di Gorontalo adalah kebijakan Otonomi Daerah. Kebijakan ini sebagian besar disambut oleh pemerintah daerah di seluruh Indonesia. Namun dalam kebijakan ini ada tanggung jawab keuangan yang sekarang harus dipikul oleh daerah, yaitu harus menghasilkan pendapatan asli daerah yang sebelumnya didanai oleh pemerintah pusat. Karena sumber daya alam lainnya sangat terbatas, maka penebangan pohon dan pengambilan rotan di hutan menjadi sasaran utama pendapatan asli daerah (PAD).

Contoh-contoh kegiatan pembangunan tersebut memang tidak secara langsung mengubah ekosistem dan keanekaragaman hayati hutan, tetapi efeknya bagi hutan dan perubahan satwa dan tumbuhan di dalamnya sangat nyata.

Selain untuk kebutuhan pembangunan nasional dan daerah seperti diuraikan di atas, hutan Indonesia ditebangi dalam skala besar terutama untuk memenuhi permintaan kayu negara-negara pembelinya, seperti Eropa, Amerika Serikat, Jepang dan belakangan ini China. Memang mengekspor kayu ini menghasilkan pendapatan negara. Namun harga jual kayu, yang umumnya tumbuh alami dan ditebang dari hutan alam itu sangat rendah.

Menurut penelitian setiap pohon besar yang ditebang dari hutan alam, paling sedikit ada 10 pohon yang ikut rusak karena proses penebangan dan pengangkutan. Namun pembeli hanya membayar harga kayu yang dipotong, sementara itu harga kerusakan pohon lainnya tidak dihitung, dan hutan alam yang ditebang tidak ditanami kembali. Selain kerugian ekonomi karena kayu alam dijual

murah, banyak kerugian lingkungan yang sering tidak bisa dinilai dalam bentuk uang. Misalnya, kerugian berupa erosi tanah, banjir dan pendangkalan sungai yang akibatnya ditanggung oleh masyarakat luas.

Demikian pula kehilangan keanekaragaman hayati. Misalnya pohon yang ditebang itu sebelumnya menghasilkan buah untuk burung liar atau manusia, tapi karena pohon tidak ada lagi, sumber makanan dari hutan itu hilang. Contoh lainnya adalah pengambilan rotan dari hutan, seperti diuraikan dalam Bab 8.1. Tidak ada pemungut rotan yang menanami lagi rotan yang telah dipangkasnya. Dulu Gorontalo merupakan salah satu pemasok rotan utama untuk industri mebel rotan di seluruh Indonesia. Namun dalam sepuluh tahun terakhir ini, sumber rotan semakin sulit didapatkan dan menyebabkan kematian industri ini.

Di negara berhutan lainnya seperti Brazil, praktik pemanenan hasil hutan seperti di Indonesia ini sekarang ditekan sekecil mungkin. Masyarakatnya didorong untuk memelihara pohon-pohon alami di hutan yang menghasilkan buah, biji atau sarang lebah madu. Ketika pepohonan besar di dalam hutan hanya diambil buahnya, maka hasilnya bisa dipanen setiap musim dan tidak hanya dinikmati sekali saja. Kegiatan seperti ini juga terus dikembangkan di kalangan masyarakat hutan di Jambi yang mengembangkan kebun durian di dalam hutan, atau berbagai masyarakat di Kalimantan yang memelihara pohon tempat lebah bersarang untuk menghasilkan madu.

Bab 9.

Efek Kemerosotan Keanekaragaman Hayati

Setelah memahami berbagai manfaat keanekaragaman hayati (Bab 7) dan sejumlah faktor yang mendorong kemerosotannya (Bab 8), bab ini menguraikan tiga kemungkinan efek utamanya bagi masyarakat. Hasil penelitian yang berlangsung serempak di segala penjuru dunia menunjukkan bahwa efek utama yang sudah terjadi dan akan semakin dirasakan adalah perubahan iklim, pada tingkat lokal dan global.

Perubahan ini selanjutnya akan berpengaruh luas bagi sejumlah kemampuan ekosistem untuk menjalankan fungsinya dan yang kemudian secara langsung akan berpengaruh pada kehidupan masyarakat. Penjelasan tentang masing-masing efek ini diuraikan dalam bagian berikut, dan disertai contoh-contoh ekosistem yang terpengaruh di Gorontalo.

9.1 Efek pada perubahan iklim

Menurut para ahli, di antara berbagai ekosistem alami lainnya, fungsi hutan dalam menekan proses dan kecepatan pemanasan bumi sangat penting karena kemampuannya menyerap lebih dari seperempat jumlah gas yang dilepaskan oleh kegiatan manusia.

Sebagai suatu ekosistem yang didominasi oleh tumbuhan, hutan berperan penting dalam mencegah pemanasan bumi karena kemampuannya menyerap karbon dan khususnya CO_2 dari udara. Tumbuhan mengubah gas pencemar menjadi oksigen (udara segar) yang diperlukan oleh hewan dan manusia untuk bernafas agar dapat melangsungkan hidupnya. Selain itu proses fotosintesis dengan energi dari sinar matahari menghasilkan zat-zat untuk pertumbuhan batang, ranting, dedaunan dan buah yang dikonsumsi manusia dan hewan.

Dengan kata lain, penggundulan hutan, khususnya yang tidak diikuti penanaman kembali atau diubah untuk pemanfaatan lainnya, merupakan penyumbang terbesar pemanasan bumi. Penggundulan hutan menimbulkan kerugian ganda dalam hal pengendalian pencemaran udara. Bukan hanya fungsi dan kemampuan hutan sebagai gudang penyerap karbon selama puluhan atau bahkan ratusan tahun menjadi hilang. Ketika hutan dibakar atau ditebang, penyerapan CO_2 tidak terjadi. Selain itu pohon-pohon yang mati akan membusuk atau dibakar sehingga semua CO_2 yang sebelumnya diserap akan lepas ke atmosfer dan menjadi pencemar seperti telah dibahas dalam Bab 6.3.

Banyak bukti yang menunjukkan pengaruh negatif pemanasan suhu bumi bagi manusia, seperti di bidang pertanian, kesehatan masyarakat, kondisi air dan perubahan

Gambar 9.1 Manfaat ganda hutan dalam menyegarkan udara dan menyediakan berbagai barang jasa yang berguna menjadi sirna ketika hutan menjadi gundul dan berubah fungsi secara permanen.

lingkungan pesisir dan laut. Akibat negatif ini muncul karena air, tanah, udara dan makhluk hidup di bumi semuanya saling terkait.

Misalnya, meningkatnya suhu di hutan juga menambah risiko kebakaran hutan di musim kemarau. Kebakaran alami dan pembakaran yang dilakukan oleh anggota masyarakat untuk membuka lahan baru terjadi setiap tahun di berbagai wilayah Indonesia. Kebakaran hutan merugikan negara dan masyarakat. Selain kerugian materi, asap tebal dan berdebu yang ditimbulkannya juga meningkatkan jumlah orang yang menderita penyakit pernafasan.

Akibatnya bagi hewan yang bisa bergerak, mungkin mereka pindah ke tempat lain yang lebih aman dari kebakaran. Namun tidak demikian dengan pohon, yang tidak punya pilihan lain kecuali mati terbakar dan perannya yang bermanfaat bagi manusia ikut lenyap.

Pengaruh pemanasan juga terjadi pada pola musim datangnya hujan, yaitu dalam hal waktu dan jumlah air tawar. Khususnya bagi masyarakat perdesaan, kestabilan pasokan air tawar sangat penting untuk memenuhi berbagai kebutuhan sehari-hari. Karena hutan yang lebat sangat membantu menyerap air hujan ke dalam tanah secara perlahan, kehilangan tutupan hutan menghilangkan daya serap ini. Akibatnya, sebagian besar air hujan akan langsung mengalir ke sungai dan menyebabkan banjir.

Pemanasan bumi berdampak merugikan bagi daerah pesisir seperti Gorontalo. Ada dua alasan terpentingnya: Pertama, peningkatan suhu membuat volume air laut mengembang dan memerlukan tempat yang lebih luas untuk menampungnya. Kedua, peningkatan suhu bumi membuat gunung dan lahan berupa es di kutub meleleh dan airnya masuk ke laut. Tambahan volume air ini membuat permukaan

laut meningkat, airnya membanjiri kota-kota dan pemukiman serta ladang penduduk di pesisir.

Selain itu ombak karena tambahan air akan menghantam tepi pantai dan menyebabkan erosi. Dampak kenaikan muka laut ini sudah dirasakan di berbagai pulau kecil di Samudra Pasifik. Karena pulau tempat mereka hidup tergenang air laut, mereka kehilangan lahan untuk menanam tanaman pangan atau mereka tidak bisa bercocok tanam karena tanahnya menjadi asin. Kerugian ini juga dibarengi oleh hilangnya tradisi atau pengetahuan masyarakat lokal dalam bercocok tanam karena lingkungan mereka berubah dan cara-cara bercocok tanam yang mereka kenal tidak dapat diterapkan lagi.

Bagi Gorontalo yang pesisirnya memiliki terumbu karang yang sangat beragam bentuk, warna, dan ukurannya dan dihuni ikan hias yang sangat indah (lihat buku *The Hidden Paradise* oleh Rance Allen), suhu yang memanas menyebabkan kematian karang dan ikan. Lihat keterangan dalam Kotak 9.1.

Di bidang pertanian, musim pembungaan tanaman buah, seperti mangga dan rambutan, sering membutuhkan rangsangan suhu dingin. Ketika suhu meningkat, proses ini tidak berlangsung dan pohon tidak menghasilkan banyak buah. Selain itu, suhu yang lebih panas membuat hama dan penyakit tanaman merajalela dan merugikan petani.

Karena itu hutan alami perlu dilestarikan karena fungsinya sebagai 'gudang raksasa' untuk menyimpan CO_2. Penanaman kembali hutan yang telah ditebang dan dibakar atau penghijauan di lahan-lahan yang sebelumnya tidak berpohon juga membantu menyerap CO_2 sehingga mengurangi jumlah gas yang dilepaskan ke atmosfer.

9.2 Efek pada kehidupan manusia

Secara umum telah dijelaskan dalam Bab 7.3 bahwa manfaat keanekaragaman hayati yang dirasakan oleh masyarakat terutama bersumber pada serangkaian proses alami. Proses-proses ini melakukan dua fungsi vital yaitu mendukung produksi barang dan jasa yang dikonsumsi dan menyerap sampah yang dihasilkan dari berbagai kegiatan produksi dan konsumsi ini.

Efek kemerosotan keanekaragaman hayati pada kehidupan manusia dalam hal produksi terutama di bidang pertanian dan perikanan. Produksi tanaman pangan sangat ditentukan oleh kondisi tanah, iklim dan curah hujan. Pengaruh kemerosotan keanekaragaman hayati pada perubahan iklim yang dijelaskan di atas dapat berupa musim hujan yang datangnya terlambat atau terlalu dini, yang mengacaukan musim tanam. Begitu pula hujan lebat dalam waktu singkat bisa mematikan benih tanaman yang masih kecil atau membuat mereka busuk karena terbenam air.

Di kawasan tropis seperti Gorontalo, efek perubahan suhu pada produksi pangan mungkin tidak begitu mencolok. Namun di negara empat musim, perubahan ini dan efeknya pada produksi buah-buahan dan tanaman serealia seperti gandum mendatangkan kerugian ekonomi yang sangat besar bagi para petani. Kegagalan produksi buah, berlanjut pada kegagalan memenuhi permintaan perdagangan khususnya bagi buah-buahan yang diekspor.

Selain pengaruh suhu, terdapat bukti kuat bahwa kemerosotan keanekaragaman hayati menurunkan kemampuan tumbuhan untuk menyerap air, sinar matahari dan zat hara yang diperlukan untuk pertumbuhan. Penurunan kemampuan ini juga berlangsung pada hewan-hewan yang sangat penting dalam proses penyerbukan, penyebaran biji dan pembusukan bahan organik. Keanekaragaman hayati yang berkurang juga memperlihatkan penurunan

kemampuan tumbuhan dan hewan dalam menahan serangan hama dan penyakit serta serangan jenis asing (lihat Kotak 8.1).

Di berbagai perairan laut dan tawar, penurunan keanekaragaman jenis ikan sangat memengaruhi kemampuan mereka untuk berkembangbiak dan menghasilkan ikan secara berkelanjutan, khususnya jika skala dan laju pemanenan melebihi kemampuan untuk berkembangbiak.

Bukti-bukti mengenai efek perubahan keanekaragaman hayati pada kesehatan masyarakat semakin banyak terlihat. Khusus bagi anak-anak kecil dan mereka yang lanjut usia, gabungan antara udara yang tercemar dan peningkatan suhu memperparah penderita sakit pernafasan, seperti asma. Penelitian terkini menunjukkan bahwa meningkatnya penebangan dan fragmentasi hutan mendorong meluasnya wilayah perkembangbiakan nyamuk pembawa penyakit malaria dan demam berdarah.

Contoh lainnya terjadi dalam penyebaran virus yang disebut Nipah yang hidup di dalam tubuh kalong di Malaysia. Kehilangan pohon-pohon tempat tenggeran kalong di hutan memaksa kalong mencari makan di pohon buah-buahan di perbatasan desa. Air liur kalong dan kotorannya menulari ternak yang dagingnya dimakan manusia. Virus yang kemudian berkembang biak di dalam tubuh manusia ini menyerang 257 orang dan menyebabkan kematian 105 jiwa.

9.3 Efek pada fungsi ekosistem

Kemerosotan keanekaragaman hayati di ekosistem hutan tropis dapat memicu banyak perubahan dalam menjalankan fungsinya – bagaimana persisnya perubahan ini masih belum banyak diketahui. Namun telah banyak dibuktikan bahwa ekosistem hutan yang utuh menjalankan fungsinya paling baik, karena setiap organisme yang ada di dalamnya melakukan fungsi masing-masing dalam menangkap, memanfaatkan dan menyalurkan energi (air, sinar matahari, zat hara, dsb). Tentunya jenis makhluk hidup yang terdapat di dalam suatu ekosistem sangat menentukan kemampuannya dalam berproduksi, dan memengaruhi siklus hara, karbon dan oksigen serta kondisi lingkungan fisik seperti siklus air, pola cuaca, dan iklim.

Seperti dijelaskan dalam Bab 7, bukan hanya jumlah hewan dan tumbuhan saja yang penting tetapi interaksinya satu dengan yang lain karena suatu jenis tumbuhan atau hewan menggunakan sumber daya yang berbeda dalam lingkungan yang berbeda. Contoh mengenai hal ini dapat dilihat dalam kehidupan burung hutan. Ada jenis burung yang memanfaatkan buah-buahan di bagian atas pohon, sementara burung pelatuk mencari makan di batang pohon, dan burung darat mencari makan di permukaan tanah. Karena pemanfaatan lingkungan yang berbeda ini, ketiga kelompok burung berdasarkan pola mencari makannya ini dapat hidup di lingkungan hutan yang sama tanpa harus banyak bersaing.

Ketiga contoh kelompok burung ini mungkin juga memakan buah, bunga atau daun dari pohon yang berbeda. Karena itu penurunan keragaman pohon bisa membuat salah satu jenis kehilangan sumber makanan yang mengarah kepada penurunan populasi atau kepunahan. Namun sejauh mana penurunan keragaman jenis dapat memengaruhi perubahan ekosistem secara serius masih belum banyak diketahui, sementara kehilangan jenis lainnya tidak ada pengaruhnya sama sekali.

Namun demikian penting diingat bahwa pada dasarnya ekosistem adalah suatu struktur yang hidup. Artinya, ekosistem selalu berubah dan makhluk hidup yang ada di dalamnya juga selalu berubah meskipun perubahan tidak selalu terlihat nyata dalam puluhan atau bahkan ratusan tahun. Masalahnya, laju kehilangan jenis tumbuhan dan hewan akibat kegiatan

manusia berlangsung sangat cepat. Karenanya kehilangan jenis mana yang menyebabkan kerugian tak terpulihkan bagi suatu ekosistem penting sekali untuk diketahui. Dalam banyak kasus, keanekaragaman hayati sering lenyap tanpa diketahui manfaatnya.

Saat ini kita tidak banyak tahu mengenai efeknya secara pasti. Namun kita harus selalu mengingat bahwa keragaman tidak hanya berarti jumlah jenis yang ada di dalam suatu ekosistem; kelangsungannya bergantung pada habitat dan ekosistem yang menjadi tempat hidupnya. Seorang pakar konservasi dunia John Muir mengatakan "ketika kita memungut sesuatu dari alam, kita akan segera tahu bahwa yang kita pungut itu selalu terkait dengan unsur alam lainnya."

Umumnya, ekosistem yang tinggi keragamannya diketahui memiliki tingkat produksi yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekosistem pekarangan yang ditumbuhi sayuran, rempah-rempah, tanaman merambat, umbi-umbian, tanaman hias dan pohon buah-buahan memiliki tingkat produksi yang lebih tinggi daripada pekarangan yang ditanami rumput saja. Hal ini bisa dijelaskan dari proses siklus hara, penyerapan karbon, pemanfaatan sinar matahari yang dilakukan oleh beragam tumbuhan jauh lebih efisien daripada yang dilakukan oleh satu jenis rumput saja. Kaitan langsung antara keragaman dengan produktivitas suatu ekosistem memang tidak selalu dapat dilihat dengan jelas, tetapi contoh sederhana ini bisa menjadi gambaran.

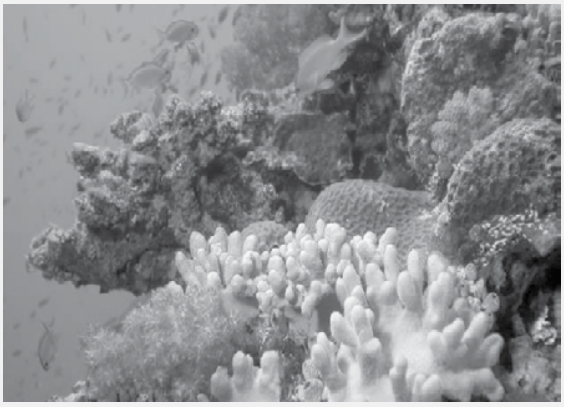
Keragaman makhluk hidup di dalam suatu ekosistem (komposisi) juga sangat penting bagi kemampuannya untuk menjalankan fungsinya. Tentu saja jenis tertentu pengaruhnya berbeda dengan jenis lainnya, terutama dalam menjalankan fungsinya menyerap atau menyalurkan energi atau zat hara. Dalam contoh penanaman akasia duri di Taman Nasional Baluran (Kotak 8.1) komposisi hutan di sana berubah drastis karena tanaman asing ini menjadi dominan. Fungsi hutan savana (padang rumput) yang penting bagi kehidupan banteng di sana menjadi berubah karena kebakaran alami yang penting untuk menumbuhkan rumput tidak berlangsung lagi setelah akasia berduri mendominasi. Selain itu tumbuhan lain yang sebelumnya dapat tumbuh bersama rumput tidak dapat hidup di bawah naungan akasia duri.

Seperti dijelaskan dalam Bab 7.1 interaksi merupakan aspek terpenting dalam fungsi ekosistem. Jenis-jenis yang ada di dalam suatu suatu ekosistem berinteraksi membentuk jejaring yang sangat kompleks. Bentuknya bisa berupa persaingan, kerja sama yang saling menguntungkan (mutualisma), bahkan yang melibatkan pemangsaan atau jenis satu merupakan parasit bagi jenis lainnya. Bentuk-bentuk interaksi ini juga terpengaruh oleh faktor-faktor fisik seperti ketersediaan hara dan sumber energi, air dan cahaya matahari. Karena itu ketika keragaman di dalam suatu ekosistem menurun atau hilang, interaksi tertentu juga menjadi terganggu atau hilang.

Efek lainnya adalah pada stabilitas ekosistem. Menurut para ahli ekologi, keanekaragaman hayati bertindak sebagai penjaga stabilitas ekosistem; karenanya ekosistem yang tinggi keragamannya dapat menahan atau mengurangi dampak gangguan yang dialaminya. Dalam Bab 8 telah dibahas bagaimana berbagai kegiatan manusia telah mengubah begitu banyak kondisi lingkungan – gas-gas di atmosfer, suhu bumi, kualitas air dan berbagai ekosistem alami. Karena itu semakin penting bagi masyarakat untuk mempertahankan setinggi mungkin keragaman yang ada sekarang supaya jenis hewan dan tumbuhan yang ada akan mampu mengatasi dampak perubahan lingkungan yang terjadi. Contoh mengenai keanekaragaman hayati sebagai 'tameng alami' telah dibahas dalam hal ketahanan terhadap serangan hama dan penyakit (Bab 8.1).

Kotak 9.1 Karang: tumbuhan, binatang atau batu?

Karang - yang kumpulan atau populasinya di suatu tempat disebut terumbu karang - sering terlihat seperti tumbuhan. Namun karang adalah binatang berupa ribuan polip yang saling melekat satu dengan lainnya. Kerangka luarnya terbentuk dari kapur (kalsium karbonat) yang kelihatannya seperti batu. Di dalam polip-polip karang terdapat sel-sel kecil seperti tumbuhan



(disebut *zooxantellae*) yang dapat menyerap sinar matahari dan melakukan fotosintesis. Keberadaan *zooxantellae* inilah yang memberi warna-warni pada karang. Sebaliknya, karang menyediakan hara atau mineral yang diperlukan untuk pertumbuhan sel-sel tumbuhan ini.

Dengan kata lain karang dan *zooxantellae* bekerja sama saling menguntungkan untuk dapat bertahan hidup.

Karang hanya hidup di perairan yang hangat dan dangkal dan sangat peka kalau suhu air laut memanas dan membuatnya stres. Ketika hal ini berlangsung selama beberapa minggu, *zooxantellae* yang merupakan sumber penghasil makanannya akan meninggalkan karang. Akibatnya karang menjadi putih dan ketiadaan *zooxantellae* membuat karang tidak mendapat makanan dan menjadi lemah serta tidak mampu bertahan dari serangan penyakit. Pemutihan karang seperti ini sudah terjadi di banyak pesisir di seluruh dunia dan ekosistem terumbu karang yang rusak tidak dapat mendukung kehidupan ratusan jenis ikan yang hidup di dalamnya.

Selain itu pemanasan bumi karena kadar CO_2 di atmosfer meningkat membuat sebagian gas ini melarut di laut dan samudera. Menurut penelitian sepertiga dari CO_2 akibat kegiatan manusia ini diserap oleh laut dan samudera. Semakin tinggi CO_2 di laut, airnya menjadi semakin asam sehingga karang tidak dapat menyerap kalsium karbonat yang sangat penting bagi pembentukan kerangka karang dan akan menyebabkan kerusakan atau kematian karang. Selain itu hewan-hewan lain yang hidup di laut, seperti siput, kerang dan kepiting juga tidak dapat membuat rangka tubuhnya sehingga tidak dapat bertahan hidup.

Bab 10.

Peduli dan Bertindak: Melestarikan Keanekaragaman Hayati

Berbagai peran mendasar keanekaragaman hayati dan beragam manfaat pentingnya bagi kelangsungan alam dan khususnya kesejahteraan masyarakat telah dijelaskan dalam Bab 7. Namun kita tahu keberadaan keanekaragaman hayati di berbagai penjuru dunia semakin merosot dengan laju yang mengkhawatirkan sebagai akibat dari kegiatan manusia. Penurunan keberadaan dan kualitas keanekaragaman hayati akhirnya akan memengaruhi sejumlah peran mereka dalam menghasilkan berbagai barang dan jasa yang menopang kehidupan di planet bumi.

Para ahli di bidang pengelolaan keanekaragaman hayati telah menelusuri berbagai sumber penyebab langsung dan akar penyebab kemerosotan keanekaragaman hayati (lihat Bab 8) dan sejumlah kemungkinan yang merugikan bagi alam dan manusia, baik untuk sekarang maupun di masa depan (lihat Bab 9). Dalam kesimpulan laporan global (Penilaian Ekosistem Milenium, 2005) mereka menekankan bahwa jika tidak ada tindakan yang secara mendasar mengubah perilaku masyarakat secara serempak di seluruh penjuru dunia, maka segala jasa dan manfaat yang kita nikmati dari keanekaragaman hayati akan terus merosot dan bahkan tidak dapat kita rasakan lagi.

Bagaimana kita dapat terlibat aktif dalam melestarikan keanekaragaman hayati? Sebagai warga planet bumi, salah satu tantangan terbesar yang kita hadapi adalah bagaimana menyeimbangkan kebutuhan masyarakat sekarang yang dipenuhi oleh alam tanpa merugikan kemampuannya untuk melakukan fungsinya sehingga generasi mendatang tetap akan dapat merasakan manfaat yang setara. Tantangan ini menjadi lebih berat karena jumlah penduduk di bumi terus akan meningkat, yang tentu saja menghadirkan tuntutan baru bagi alam untuk menghasilkan barang dan jasa yang sama atau mungkin lebih tinggi dalam hal jumlah dan kualitasnya.

Perlu ditekankan di sini, bahwa tidak ada satu jalan pun yang paling tepat untuk menghadapi tantangan tersebut. Mustahil pula untuk mengharapkan bahwa suatu cara yang tepat di suatu tempat akan dapat diberlakukan di tempat lain dengan efek yang sama. Hal ini utamanya karena alasan dan penyebab kemerosotan keanekaragaman hayati sangat beragam sementara kemampuan politik, sosial dan ekonomi masyarakat di satu tempat sering sangat berbeda dengan tempat lainnya.

Oleh karena itu upaya dalam memastikan kelangsungan berbagai jenis, gen dan ekosistem

mengharuskan adanya kombinasi sejumlah pendekatan dan pemikiran serta tindakan dari anggota masyarakat dari berbagai bidang ilmu dan keahlian di tingkat lokal, nasional dan global.

Dalam Bab 8 telah dijelaskan bahwa suatu kegiatan yang menyebabkan kehilangan atau kemerosotan keanekaragaman hayati biasanya berlangsung di lingkungan lokal. Jelas bahwa tindakan dan perubahan kebijakan lokal merupakan langkah pertama, namun hal ini sering tidak memadai karena pengaruh atau akar penyebab yang mendorong kegiatan lokal yang merusak sering berskala nasional maupun internasional.

Sebagai contoh, di Gorontalo keberhasilan dalam berbagai upaya untuk melestarikan ekosistem dan jenis flora dan fauna unik yang ada di dalamnya namun terancam punah, kita perlu mengetahui pendangan dan sikap masyarakat Gorontalo mengenai keanekaragaman hayati yang ada di wilayahnya. Lalu langkah selanjutnya adalah merunut sumber dan akar penyebab kemerosotannya sehingga langkah yang diambil untuk mengatasinya bisa efektif.

Hasil penelitian berdasarkan wawancara mendalam dengan para pemangku kepentingan utama[1] Gorontalo menunjukkan bahwa hutan dan keanekaragaman hayati Gorontalo sangat bermanfaat bagi kelangsungan hidup dan mendukung pembangunan di provinsi ini. Hampir semua nara sumber terkejut melihat beragamnya manfaat hutan yang disajikan kepada mereka untuk memberi peringkat kepentingannya (lihat Tabel 10.1 di bawah). Menurut peringkat kepentingannya, mereka menyatakan keanekaragaman hayati penting untuk: menyediakan berbagai jasa lingkungan, memperkaya dan memelihara budaya setempat, menyediakan sarana pendidikan dan penelitian, menyediakan kelangsungan berbagai kegiatan ekonomi, dan menyediakan sarana wisata dan rekreasi.

Menurut para sumber penelitian, penyebab langsung utama penurunan keanekaragaman hayati adalah: penebangan hutan secara liar, pengambilan hasil hutan bukan kayu, perladangan berpindah yang cenderung merambah ke dalam wilayah hutan yang dilindungi, kegiatan pembangunan fisik tertentu yang mengorbankan hutan, dan penambangan liar yang berlangsung di dalam hutan.

Meskipun demikian, mereka menekankan bahwa semua kegiatan yang mengancam keberadaan dan kelangsungan keanekaragaman hayati di Gorontalo sulit sekali diberantas atau dikurangi. Sejumlah alasan yang mereka ungkapkan adalah: kegagalan dalam menerapkan sejumlah kebijakan pemerintah yang memengaruhi keanekaragaman hayati, kemiskinan terutama di daerah perdesaan, melonjaknya jumlah penduduk, rendahnya pemahaman dan kesadaran masyarakat dan para aparat pemerintah mengenai manfaat hutan yang sangat luas, serta kegagalan pasar yang menghargai barang dan produk hutan terlalu rendah.

Mengingat sumber masalah atau ancaman pada keanekaragaman hayati itu rumit dan saling terkait satu dengan yang lain, tentunya mustahil untuk mencari satu tindakan yang dapat mengatasi semua masalah sekaligus.

Kesulitan yang diungkapkan para anggota masyarakat tersebut senada dengan pendapat Direktur **Biodiversity Conservation Group IUCN (Lembaga Konservasi Dunia)** yang menyatakan: "Menahan laju kehilangan keanekaragaman hayati saja tidak akan

[1] Pemangku kepentingan adalah wakil-wakil masyarakat yang keputusan atau tindakannya memengaruhi kondisi keanekaragaman hayati di tingkat lokal, nasional maupuan global. Pemangku kepentingan di Gorontalo yang diwawancari adalah para pendidik, penegak hukum, pemuka masyarakat, pegiat LSM, aparat pemerintah di bidang pertanian, kehutanan, pertambangan, dan pengelolaan daerah aliran sungai serta para pedagang dan pengumpul hasil hutan.

Tabel 10.1 Berbagai manfaat hutan alam dan keanekaragaman hayatinya.

Menyediakan (manfaat biologis)	**Menopang (manfaat jasa lingkungan)**	**Memperkaya (manfaat sosial)**	**Mengendalikan proses alami yang vital**
Hutan alam dapat dikelola secara lestari untuk menghasilkan kayu untuk bahan bangunan dan perlengkapan rumah tangga, kayu bakar, dan serat.	Keragaman tumbuhan di hutan alam menyediakan jasa fotosintesis yang vital bagi penyediaan hasil hutan yang penting untuk kelangsungan hidup manusia dan alam.	Kawasan berhutan merupakan sumber pengetahuan dan sarana utama untuk pendidikan tentang alam dan berbagai interaksi penting di dalamnya	Kawasan berhutan alam membantu mengatur aliran air dan mengendalikan kualitas air tawar sehingga mengurangi erosi tanah, banjir dan pendangkalan sungai.
Hutan alam menyediakan berbagai, hasil hutan bukan kayu seperti rotan dan bambu.	Keragaman tumbuhan dan hewan di hutan alam menyediakan jasa penyerbukan dan pemencaran biji yang vital bagi kelangsungan alam.	Kawasan berhutan merupakan sarana penelitian dasar seperti biologi, geologi, klimatologi dan sosiologi.	Karagaman tumbuhan di hutan mendukung struktur tanah sehingga tidak mudah tererosi dan menjaga kelembabannya
Hutan alam menyediakan sumber sayuran, buah-buahan, tanaman obat, tanaman hias dan berbagai produk binatang seperti daging dan telur hewan liar.	Keragaman tumbuhan di hutan alam menyediakan jasa perlindungan sumber daya air, mencegah banjir karena air teserap dan tidak mengalir langsung dan menyebabkan banjir.	Kawasan berhutan merupakan sarana utama untuk penelitian terapan, seperti bahan tanaman obat dan bahan buku untuk pemuliaan tanaman pangan dan perdagangan	Karagaman tumbuhan di hutan merupakan penyangga bencana alam, seperti kebakaran hutan, tanah longsor atau gelombang tsunami.
Hutan alam menyediakan sumber tanaman obat dan bahan kosmetika serta tanaman hias	Keragaman tumbuhan dan hewan di hutan alam menyediakan jasa pendauran hara yang vital bagi kelangsungan alam dan manusia	Hutan alam memberi kesempatan untuk rekreasi yang sangat bermanfaat bagi kesehatan mental manusia	Kawasan berhutan alam membantu menjaga kestabilan iklim lokal dan global.
Hutan alam menyediakan cadangan plasma nutfah untuk pengembangan budi daya tumbuhan dan hewan	Keragaman tumbuhan di hutan alam membantu menyerap karbon dioksida dari pembakaran bahan bakar sehingga mengurangi pencemaran udara	Kawasan berhutan alam berpotensi untuk dijadikan tujuan wisata yang memberikan lapangan kerja dan pendapatan bagi masyarakat lokal	Karagaman tumbuhan dan hewan di hutan membantu mengendalikan serangan hama dan penyakit alami.
Hutan alam menyediakan habitat bagi hewan dan tumbuhan untuk kelangsungan hidupnya		Kawasan berhutan memiliki nilai keagamaan dan budaya bagi masyarakat.	

Gambar 10.1 **Menyebarluaskan pengetahuan mengenai kekayaan keanekaragaman hayati Gorontalo melalui lokakarya mengembangkan pendidikan lingkungan hidup (atas) dan pembuatan film oleh Tim "Si Bolang Nantu" di SD Negeri Wonosari 16, Gorontalo. (Foto James Komolontang)**

cukup; semua orang harus terlibat dalam upaya memulihkan habitat dan berbagai jasa lingkungan yang memampukan keanekaragaman hayati untuk menghasilkan berbagai barang dan jasa, seperti makanan, obat-obatan dan menata air agar terus berlangsung."

Lebih lanjut dikatakan bahwa "Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan keterlibatan semua pihak dalam berbagai tingkat, di sektor ekonomi, pembangunan masyarakat melalui sektor publik dan masyarakat madani. Peran keanekaragaman hayati sebagai landasan kehidupan, mata pencaharian dan pembangunan harus dimengerti oleh semua pihak."

Jelas bahwa upaya apa pun yang dilakukan di tingkat lokal (di mana kegiatan yang langsung menyebabkan kerusakan keanekaragaman hayati terjadi) sering harus disertai dan didukung oleh tindakan atau kebijkan di tingkat national dan bahkan tingkat internasional. Bentuk-bentuk tindakan yang diuraikan singkat dalam bagian berikut terbukti berhasil-guna di berbagai penjuru dunia.

Daftar di bawah ini bukan dimaksudkan untuk dilakukan secara berurutan. Idealnya, beberapa bentuk kegiatan yang berlangsung secara serempak akan berdampak positif. Namun yang jelas, apapun tindakan yang diambil memerlukan kerja sama dan dukungan setiap pihak. Sasaran umum dalam semua tindakan berikut adalah mengembangkan pemahaman – karena pendidikan tidak dibatasi oleh tembok dan bangku sekolah – bagi setiap anggota masyarakat.

10.1. Perlindungan jenis liar

Banyak jenis satwa dan tumbuhan yang terdapat di Gorontalo dan bagian lain pulau Sulawesi bersifat unik karena sejarah geologi dan evolusi alamnya (lihat Bab 3). Misalnya, hewan menyusui seperti babirusa, Anoa, dan jenis-jenis monyet tertentu tidak terdapat di tempat lain di dunia. Demikian pula sekitar 30 jenis burung, seperti Alo dan Maleo.

Namun sudah diketahui oleh masyarakat banyak bahwa burung Maleo populasinya telah menyusut drastis karena selama puluhan tahun telurnya diambil oleh anggota masyarakat. Akibatnya, semakin sedikit jumlah burung yang dapat berkembangbiak dan sekarang populasinya sangat sedikit dan terbatas di hutan pantai yang terpencil saja.

Jenis-jenis tersebut terancam kepunahan sebagai akibat berbagai kegiatan manusia, khususnya perburuan babirusa yang dagingnya dijual untuk konsumsi masyarakat. Banyak jenis monyet dan kalong atau kelelawar yang sama nasibnya. Karenanya, ketika jenis-jenis ini punah, bukan hanya Indonesia saja tetapi masyarakat dunia ikut kehilangan juga.

Kegiatan patroli perburuan satwa liar telah bertahun-tahun dilakukan dengan dukungan aparat penegak hukum di Gorontalo dan Sulawesi Utara. Kegiatan ini memang mampu menekan perburuan satwa liar yang dilindungi, tetapi perdagangan babirusa tetap berlangsung. Penelitian antara November 2009 sampai 2012 menunjukkan bahwa sebanyak 254 ekor babirusa yang adalah jenis yang dilindungi undang-undang tercatat diperjualbelikan secara terbuka di pasar Langowan di Sulawesi Utara.

Populasi total babirusa di hutan diperkirakan hanya tinggal 5000 ekor, dan dengan tingkat perburuan tersebut paling sedikit 5% total populasi di dunia lenyap akibat perdagangan dalam periode tiga tahun ini. Penangkapan dengan laju seperti ini akan mendorong kepunahan satwa liar ini dalam waktu 60 tahun. Sesungguhnya babi hutan Sulawesi dan babi ternak

Gambar 10.2 Atas: Pohon kayu putih (*Eucalyptus deglupta*) dan Bawah: Pohon Rao (*Dracontomelum dao*) dengan sistem akar banir yang menjulang tinggi di tengah Suaka Margasatwa Nantu. (Foto Lynn Clayton dan Philipp Englehorn)

merupakan alternatif yang dapat dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan daging bagi daerah Minahasa. Karena itu perlindungan satwa liar sangat memerlukan keterlibatan masyarakat luas, misalnya dengan menyebarkan informasi untuk tidak terlibat menjualbelikan atau memakan satwa liar, ikut mengawasi dan melaporkan perburuan satwa liar dan mendukung kegiatan lembaga masyarakat yang bekerja di bidang konservasi alam.

Di bidang tumbuhan, berbagai jenis rotan yang terbukti memiliki ekonomi penting bagi industri perabot rumah tangga dan jenis-jenis dan pohon penghasil kayu bangunan seperti rao, nantu juga semakin langka.

Selain penurunan jumlah dan persebaran satwa dan tumbuhan liar, banyak hutan yang merupakan rumah tinggal mereka juga semakin menyusut. Karena itu perlindungan jenis-jenis satwa dan tumbuhan liar tidak akan berhasil tanpa diserta perlindungan habitat di mana mereka hidup (lihat keterangan di bawah).

10.2. Perlindungan habitat alami

Provinsi Gorontalo memiliki kawasan hutan yang secara resmi dilindungi oleh Undang-undang (lihat Bab 3). Sebagian hutan yang ditetapkan sebagai kawasan konservasi alam (Taman Nasional, Cagar Alam dan Suaka Margasatwa) ditujukan untuk melindungi ekosistem dan keanekaragaman hayati di dalamnya.

Namun dalam kenyataannya luas dan kualitas kawasan perlindungan ini terus menurun akibat berbagai kegiatan manusia, baik yang legal maupun ilegal. Padahal hutan merupakan satu-satunya rumah terakhir bagi banyak satwa dan tumbuhan unik di Gorontalo yang disebutkan di atas.

Tindakan perlindungan habitat alami diperlukan dari segi biologi, politik, sosial dan ekonomi. Salah satu tindakan perlindungan secara biologis adalah melalui inventarisasi

kondisi kawasan secara berkala. Informasi yang mutakhir membantu pengelola kawasan yang berwenang untuk mengambil tindakan pengelolaan yang tepat. Dengan demikian sumber daya yang terbatas dapat dialokasikan sesuai dengan tingkat kepentingan tindakan yang dipandang perlu.

Misalnya, kawasan hutan konservasi di Gorontalo banyak terancam oleh kegiatan perambahan dan penambangan emas liar. Dengan sumber dana pemerintah yang sangat terbatas untuk menandai batas kawasan, tindakan perlindungan memerlukan dukungan politis dari pemerintah daerah untuk mengendalikan kegiatan pemukiman liar di kawasan hutan dan juga dengan program-program sosial ekonomi (lihat butir 8 di bawah) yang membuat masyarakat tidak masuk hutan karena hasil kegiatan pertanian di luar hutan memberikan sumber penghidupan yang lebih baik bagi mereka.

Tindakan politis seperti penegakan hukum, dari yang bersifat pencegahan sampai ke tindakan peradilan atas suatu pelanggaran dibahas dalam butir 10.6 di bawah. Sementara tindakan perlindungan yang bersifat sosial dan ekonomi dibahas dalam butir 10.7 dan 10.8.

10.3. Mengaitkan koridor dan konservasi di luar habitat alami

Terkait dengan perlindungan habitat alam, kegiatan pengambilan sumber daya alam sering membuat kawasan hutan terpecah dan terpencar tanpa ada habitat yang menghubungkan satu bagian hutan dengan hutan lainnya. Jalur penghubung, atau sering disebut dengan istilah 'koridor' sangat penting bagi pergerakan satwa sehingga memungkinkan mereka berkembangbiak. Koridor ini sangat penting bagi mamalia darat seperti babirusa, babi hutan dan Anoa karena hewan-hewan ini tidak dapat terbang!

Banyak jenis satwa tidak bisa berkembang biak atau bertahan hidup lagi di habiat alaminya. Jenis-jenis satwa seperti harimau atau bahkan babirusa memerlukan perlindungan di luar habitat alaminya. Dukungan kebun binatang dan kebun raya sangat penting bagi pelestarian konservasi satwa dan tumbuhan liar. Termasuk dalam kegiatan ini adalah 'bank benih' untuk menyisihkan benih tumbuhan yang terancam agar terjaga dari kepunahan dan tersedia untuk pengembangan pertanian dan tanaman obat di masa depan.

10.4. Pemulihan habitat

Efek negatif sejumlah kegiatan manusia pada kawasan konservasi yang melindungi keanekaragaman hayati merupakan masalah serius di mana-mana. Banyak kawasan yang sekarang dalam kondisi kritis dan tidak layak disebut sebagai kawasan konservasi, misalnya Cagar Alam Panua yang hutannya sudah sebagian besar sirna. Akibatnya, perlindungan jenis dan kawasan yang telah disebutkan sebelumnya tidak memadai lagi.

Restorasi ekologis atau pemulihan habitat yang sudah rusak menjadi atau mendekati kondisi semula memerlukan perencanaan, sumber daya dan upaya yang terus-menerus. Contoh

Kotak 10.1 Maleo - Burung unik yang tak berdaya

Maleo termasuk dalam suku burung Megapodiidae, yang tersebar di Indo-Australia dan kepulauan-kepulauan Pasifik. Maleo adalah satu-satunya jenis dalam marga *Macrocephalon*, nama yang berasal dari kata Yunani yang berarti kepala besar. Nama ini diberikan karena bentuk kepala Maleo sedikit aneh dibandingkan kepala burung lain, ada tonjolan besar mirip konde yang menjulang di bagian belakang kepala.

Postur Maleo tegap dengan corak hitam di bagian perut dan putih bersih atau berona merah jambu di dada. Sementara kakinya besar dan kokoh digunakan untuk menggali tanah. Seperti anggota suku Megapodiidae lainnya, burung ini bertelur di dalam pasir yang hangat atau tanah yang dekat sumber panas bumi. Biasanya, Maleo terbang menuju lokasi berpasang-pasangan di pagi hari. Secara bergantian, pasangan Maleo akan membongkar tanah, pasir, dan kerikil, hingga terbentuk sebuah lubang besar dengan diameter sekitar setengah meter.

Maleo betina kemudian akan diam sejenak di dalam lubang untuk bertelur. Sementara yang jantan hilir mudik mengitari lubang dengan berusaha menjulur-julurkan lehernya, waspada akan segala bahaya. Ketika sang betina keluar, mereka kembali bergantian menutup lubang. Sambil menimbun, sesekali mereka seperti berlari-lari kecil di atas timbunan untuk memadatkan tanah. Selanjutnya pasangan burung itu kembali menimbun dan memadatkan tanah hingga mereka rasa cukup. Artinya, permukaan tanah tak harus rata seperti semula. Selesai melaksanakan tugasnya, pasangan Maleo kembali ke hutan dan meninggalkan telur-telurnya.

Piyik berjuang sendiri

Maleo tidak pernah mengerami telurnya sendiri, mungkin karena ukuran telurnya yang super besar. Telur Maleo setara dengan 4-5 kali bobot telur ayam kampung dan dapat mencapai 10-17% dari induk betinanya. Lazimnya telur berbentuk oval dan cokelat pucat, dengan persentase kuning telur sekitar 60%. Dalam setahun Maleo bertelur sekitar 10 kali.

Dalam kesunyian gelap, berteman pasir hangat 32-35° C, anak burung berkembang dalam eraman alam. Sementara induk pergi entah ke mana dan tak akan pernah dia kenal lagi. Sekitar 60 hari kemudian, anak Maleo sudah terbentuk sempurna di dalam cangkang. Dengan posisi sungsang, kaki menghadap ke atas, anak Maleo menghancurkan cangkang lalu menerjang timbunan tanah atau pasir di atasnya.

Perjuangan mencapai permukaan itu berlangsung seharian, bahkan bisa sampai dua hari. Tepat sebelum mencapai permukaan, piyik akan memutar posisinya hingga kepala berada di atas sehingga saat muncul di permukaan tanah kepalanya akan keluar lebih dulu. Itu pun jika beruntung. Kadang piyik kehabisan tenaga di tengah jalan atau terjerat akar liar, sehingga mati

tindakan pemulihan habitat di Sumatera misalnya adalah penetapan Hutan Harapan di Jambi. Kawasan hutan yang semula ditujukan untuk penebangan kayu dibeli oleh lembaga swadaya masyarakat sebagai kawasan konservasi. Lalu secara aktif hutan ini ditanami kembali untuk memberi kesempatan tumbuh kembali dan menjadi rumah bagi keanekaragaman hayati yang masih ada di dalamnya.

Biaya untuk memulihkan hutan ini digalang dari masyarakat internasional dan kelangsungannya menjadi tanggung jawab bersama dalam jangka panjang. Banyak sekali tantangan yang harus dihadapi dalam program pemulihan habitat seperti ini.

Beberapa kabupaten di Indonesia mendeklarasikan sebagai kabupaten konservasi, seperti Kabupaten Malinau di Kalimantan Timur. Tingkat keberhasilan upaya seperti ini masih perlu dilihat dan menarik beberapa pemerintah daerah untuk memiliki status ini. Meskipun upaya ini tidak mengatasi semua masalah yang terkait dengan ancaman pada hutan, cara ini merupakan salah satu pilihan kalau masyarakat ingin terus menikmati berbagai jasa dari hutan (misalnya, dalam mengendalikan iklim lokal dan tata air) dan jasa lainnya.

Sudah banyak kegiatan penghijauan dan pemulihan lahan liar yang berlangsung di Gorontalo dalam sepuluh tahun terakhir ini.

terkubur hidup-hidup. Ketika kepala piyik muncul ke permukaan, biasanya ia akan diam sejenak. Perlahan seluruh tubuhnya keluar dari timbunan tanah, mengambil nafas dalam-dalam untuk melancarkan seluruh peredaran darahnya dan mengembangkan seluruh organ-organnya, seperti layaknya kupu-kupu baru keluar dari kepompong. Setelah itu piyik langsung terbang, mencari dahan-dahan terpendek yang ada.

Ancaman kepunahan

Banyak ancaman yang menantang Maleo. Pencurian telur oleh manusia atau biawak air (*Varanus salvator*) juga kerap terjadi. Jika suhu tanah berubah drastis akibat cuaca tak menentu maka telur akan busuk. Selain kehabisan tenaga atau tersangkut akar liar ketika berusaha keluar ke permukaan tanah, anak Maleo yang baru menetas pun dapat menjadi sasaran empuk diganyang tikus tanah sebelum sempat melihat matahari terbit.

Setelah selamat sampai permukaan pun tidak berarti aman sepenuhnya. Kali ini anjing kampung dan biawak siap memangsa. Ancaman pada habitat untuk kelestarian Maleo juga kuat. Perubahan atau gangguan fungsi lahan pada lokasi peneluran dapat menyebabkan Maleo enggan bertelur di lokasi itu lagi. Belum lagi jika koridor antara hutan dan lokasi peneluran– yang harusnya tetap berupa hutan – terputus. Saat ini banyak lokasi peneluran Maleo di pantai terputus koridornya dengan hutan utama karena permukiman, kebun, bahkan jalan raya. Hilangnya hutan sebagai habitat utamanya juga jelas akan menggangu kelangsungan hidup mereka.

Saat ini BirdLife International memperkirakan hanya tersisa 8.000-14.000 individu Maleo dewasa di alam, dengan kecenderungan populasi menurun. Lembaga konservasi dunia (IUCN) menggolongkan jenis ini dalam kategori *Genting* yaitu populasinya di alam menghadapi ancaman kepunahan. Beberapa lokasi peneluran sudah benar-benar ditinggalkan Maleo sementara di beberapa lokasi punah secara lokal. Usaha penangkaran pun belum ada yang dapat dikatakan sukses. Maka tanpa usaha keras melindungan habitat, koridor, lokasi peneluruan, individu, serta telur-telur mereka secara khusus, ancaman kepunahan makin mendekat.

Sumber: Ridzki R. Sigit, Mongabay Juli 2014

Siswa dapat dirangsang untuk menilai tingkat keberhasilan program-program seperti ini, bukan hanya dari segi jumlah benih yang ditanam tetapi juga dalam segi perawatan dan pohon yang berhasil tumbuh dan menghijauan daerah yang sudah menjadi lahan kritis atau semula liar.

Pemulihan Danau Limboto akan terus merupakan tantangan bagi masyarakat Gorontalo. Tindakan langsung berupa pemulihan danau dan lingkungan sekitarnya tidak akan memadai tanpa ada perubahan kebijakan sosial ekonomi yang menyangkut penggunaan air dan tanah di sekitar danau atau bahkan di Provinsi Gorontalo secara keseluruhan.

10.5 Penelitian lintas bidang ilmu – biologi konservasi

Dibandingkan dengan pulau Jawa, Sumatera dan Kalimantan, penelitian untuk mengungkap ekologi dan keanekaragaman hayati hutan pulau Sulawesi masih sangat terbatas. Sementara kerusakan dan kemerosotan berlangsung cepat (Lihat 10.1). Dengan kata lain, banyak jenis tumbuhan dan hewan mungkin telah hilang tanpa sempat diketahui manfaatnya.

Penelitian tidak hanya penting untuk mengetahui 'apa yang ada' tetapi juga 'apa kaitan keanekaragaman hayati dengan habitat atau ekosistem' sehingga masyarakat bisa

mengelolanya untuk memastikan kelestarian fungsi dan berbagai jasa yang dihasilkannya bagi kelangsungan alam dan kesejahteraan manusia.

Hanya sedikit kawasan hutan alami yang masih tersisa di Gorontalo, seperti hutan Nantu dan Bogani Nani Wartabone. Ekosistem alami ini menantang para peneliti dan generasi muda untuk menyelidiki kondisi biologi, geologi dan interaksi masyarakat sekitarnya dalam kegiatan sosial dan ekonomi. Selain itu, temuan hasil-hasil penelitian tidak hanya bermanfaat bagi Gorontalo, tetapi juga bagi Indonesia dan masyarakat global.

Dengan demikian tindakan atau kegiatan apapun yang mengancam keberadaannya harus diperlakukan sebagai ancaman terhadap masyarakat. Begitu pula dengan tindakan menjaga dan meningkatkan kualitas perlindungan merupakan tanggung jawab bersama juga. Misalnya, tindakan pengawasan dan pengendalian penebang liar, penambang emas liar dan perburuan serta perambahan tidak mungkin dilakukan oleh polisi atau polisi hutan saja. Anggota masyarakat lainnya, tokoh masyarakat, guru dan pemimpin informal dapat berperan penting mengingatkan warganya untuk terlibat dalam pengawasan kegiatan yang jelas merugikan masyarakat banyak.

Gambar 10.3 Kegiatan penelitian flora di kawasan hutan Nantu oleh tim Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesian menemukan rekor jenis baru untuk Sulawesi, termasuk paku tanduk rusa raksasa *Platycerium grande.* (Foto James Komolontang)

Gambar 10.4 Dampak penggunaan alat semprot listrik dalam penambangan emas liar pada tanah dan vegetasi di Batuangkobu yang merupakan jantung kawasan Suaka Margasatwa Nantu. (Foto James Komolontang)

10.6. Penegakan peraturan dan hukum

Berbagai ancaman bagi kawasan konservasi dan keanekaragaman hayati di dalamnya, seperti diuraikan di awal bab ini, tidak mungkin dapat diatasi oleh satu lembaga pemerintah terkait seperti Dinas Kehutanan saja. Keyakinan bersama yang kuat bahwa kawasan konservasi merupakan pendukung pembangunan ekonomi dan sosial masyarakat Gorontalo harus menjadi pegangan anggota masyarakat.

Banyak kegiatan yang melanggar hukum perlindungan hutan terjadi karena kelangkaan tata batas yang jelas. Dalam kenyataannya, negara atau pemerintah sendiri memiliki keterbatasan dana untuk selalu memperbarui tata batas hutan. Dalam kondisi seperti ini, sikap menghargai hukum dan sanksi bagi pelanggar hukum perlu terus ditingkatkan.

Masalah perburuan satwa liar (untuk dijual dagingnya atau sebagai hewan piaraan) masih tersebar luas di Indonesia, termasuk di Sulawesi.

Upaya mengatasi masalah ini, khususnya untuk jenis-jenis unik yang terancam punah tidak cukup dari patroli saja. Penyadaran anggota masyarakat mengenai keistimewaan flora dan fauna Sulawesi (Lihat Bab 10.1) – sekali punah, hewan dan tumbuhan istimewa tidak akan bisa dipulihkan lagi.

Indonesia termasuk salah satu yang menandatangani peraturan internasional mengenai larangan perdagangan flora dan fauna langka. Meskipun di pelabuhan dan bandara ada pemeriksaan, penyelundupan satwa dan tumbuhan liar masih sulit diberantas.

10.7. Wirausaha konservasi

Seperti di banyak tempat di dunia, kawasan hutan yang masih utuh dan kaya keanekaragaman hayati umumnya dihuni oleh masyarakat miskin yang penghidupannya mengandalkan hasil hutan. Karena miskin, mereka mudah dimanfaatkan oleh kaum pemodal untuk mengambil hasil hutan atau menebang pohon secara liar untuk mendapatkan sedikit uang.

Beberapa contoh kegiatan wirausaha konservasi berhasil dilakukan di beberapa daerah di Indonesia dan juga di negara-

Gambar 10.5 Tempat pembibitan coklat di Dusun Tangga, di perbatasan Hutan Nantu (kiri). Pohon coklat berbuah lebat yang bibitnya merupakan bantuan dari kegiatan penelitian biologi konservasi oleh YANI (Foto Lynn Clayton).

Sekali lagi, penegakan hukum tidak hanya menyangkut penangkapan, tetapi harus berawal dari pelaporan oleh anggota masyarakat sampai proses penuntutan di pengadilan. Kemudahan komunikasi dengan telepon genggam, misalnya, sangat membantu dalam proses penegakan hukum asal dilakukan secara bertanggung jawab. Pelibatan anggota masyarakat dalam proses penegakan hukum melawan penebangan dan perambahan hutan terbukti sangat memiliki efek penjera yang cukup penting di Papua.

negara Afrika atau Asia Tenggara. Contohnya adalah memberi bantuan bibit untuk mendukung penghidupan masyarakat di sekitar S.M. Nantu. Dua pemukiman utama, yaitu Sari Tani dan Mohiyolo di perbatasan hutan ini menerima bantuan penghidupan karena letaknya sangat dekat dengan kubangan lumpur asin Adudu yang menjadi tempat satwa liar berkumpul dan mudah diamati.

Selama beberapa tahun terakhir ini sebanyak 1400 bibit tanaman coklat dipelihara di kebun benih di Desa Sari Tani dan diserahkan kepada

warga masyarakat untuk ditanam di lahan mereka. Seluruhnya ada 7 kelompok tani, yang terdiri dari tujuh desa, masing-masing menerima 2000 bibit pohon.

Akses ke pasar untuk menjual biji coklat sangat penting bagi para petani kecil yang tinggal di desa terpencil. Karena itu Tim YANI (Yayasan Adudu Nantu International) membantu mengembangkan hubungan pemasaran dengan PT Armajaro (salah satu perusahaan coklat terbesar di dunia). Bantuan pemasaran biji coklat ini kepada pembeli di luar dan dalam negeri yang diharapkan bersedia membeli dengan harga agak sedikit mahal karena coklat diproduksi tanpa merusak hutan.

Kegiatan ekonomi lainnya yang ramah hutan antara lain adalah menyediakan jasa pemandu untuk kegiatan wisata alam, seperti mengamati burung, menjelajah hutan, dan menyusuri sungai dengan ketinting untuk menikmati keindahan alam. Kegiatan seperti ini membantu meningkatkan penghargaan pada hutan dan mendatangkan sumber pendapatan masyarakat lokal dari penjualan makanan dan minuman, sewa perahu atau pemandu dan mungkin juga pengembangan penginapan sederhana di rumah-rumah penduduk di perbatasan hutan.

Di Thailand, banyak desa di tepi hutan konservasi untuk kawanan gajah menjual jasa wisata kepada turis untuk menyusuri sungai melintasi hutan. Turis dapat melihat gajah dan di akhir perjalanan bisa singgah di desa yang menghasilkan barang-barang kerajinan dari kayu dan oleh-oleh yang dijual oleh masyarakat. Kegiatan wisata lingkungan seperti ini dapat dilakukan di hutan-hutan di Gorontalo, seperti di hutan Nantu dan juga di daerah pesisir dan Danau Limboto.

10.8. Tanggung jawab sosial perusahaan

Perusahaan yang menghasilkan barang dan jasa (seperti bank) sekarang semakin banyak menyadari bahwa citra baik mereka di mata konsumen merupakan faktor penting dalam kesuksesan kegiatan bisnis mereka.

Banyak perusahaan – yang mungkin juga karena desakan konsumen – berusaha menggunakan bahan mentah dan cara pembuangan sampah yang ramah lingkungan. Desakan konsumen di negara barat juga cukup kuat untuk menuntut agar barang-barang yang diimpor ke negara mereka harus dari bahan yang dihasilkan secara lestari, seperti perabotan rumah tangga dari kayu dan rotan. Banyak juga kalangan perusahaan yang secara terbuka merupakan mitra dan sponsor bagi kegiatan konservasi hutan tropis dan keanekaragaman hayati di dalamya.

Dalam beberapa tahun terakhir ini keterlibatan kalangan perusahaan swasta dalam kegiatan pelestarian lingkungan mulai berkembang di Indonesia. Upaya untuk mengajak mereka terlihat dalam membiayai kegiatan wirausaha yang terkait dengan pelestarian alam perlu terus dikembangkan.

Dengan meningkatkan teknologi komunikasi, warga planet bumi semakin hidup dalam suatu desa global. Sebagaimana kualitas suatu desa atau negara ditentukan oleh kepedulian dan tindakan warganya dalam hal-hal yang menyangkut kehidupan dan tata negara, demikian juga kualitas seseorang sebagai warga planet bumi. Semua kegiatan yang disebutkan di atas pada dasarnya merupakan upaya untuk memperdalam rasa kewargaan seseorang sebagai warga bumi.

Masalah yang terkait dengan kerusakan lingkungan biasanya tidak mengenal batas politis suatu negara. Misalnya, akibat asap kebakaran hutan tahunan yang berlangsung

di Indonesia dirasakan oleh banyak orang di negara-negara tetangganya. Karena itu pendidikan lingkungan hidup dapat menjadi sarana strategis untuk mengembangkan **kepedulian**, menggalang **keterkaitan** (antara manusia dengan alam, dan antara suatu masyarakat lokal dengan masyarakat global) dalam menanggapi sejumlah **konsekuensi** yang harus dihadapi atas segala macam persoalan lingkungan yang dihadapi sekarang dan di masa depan.

Bagian III

Materi Aktivitas untuk Siswa Sekolah Dasar Kelas 5-6

Peserta lokakarya pendidikan lingkungan hidup menjelajahi hutan Suaka Margasatwa Nantu dan terpesona akan kekayaan keaneragaman hayati di dalamnya.

Topik 1.

Mengenal Tanah

Pengantar

Tanah adalah bagian dari kerak bumi, yang merupakan dasar dan tempat berlangsung kegiatan manusia dan tempat hidup bagi hewan dan tumbuhan. Karena itu tanah merupakan modal alam yang sangat berharga bagi kelangsungan semua kehidupan di atasnya.

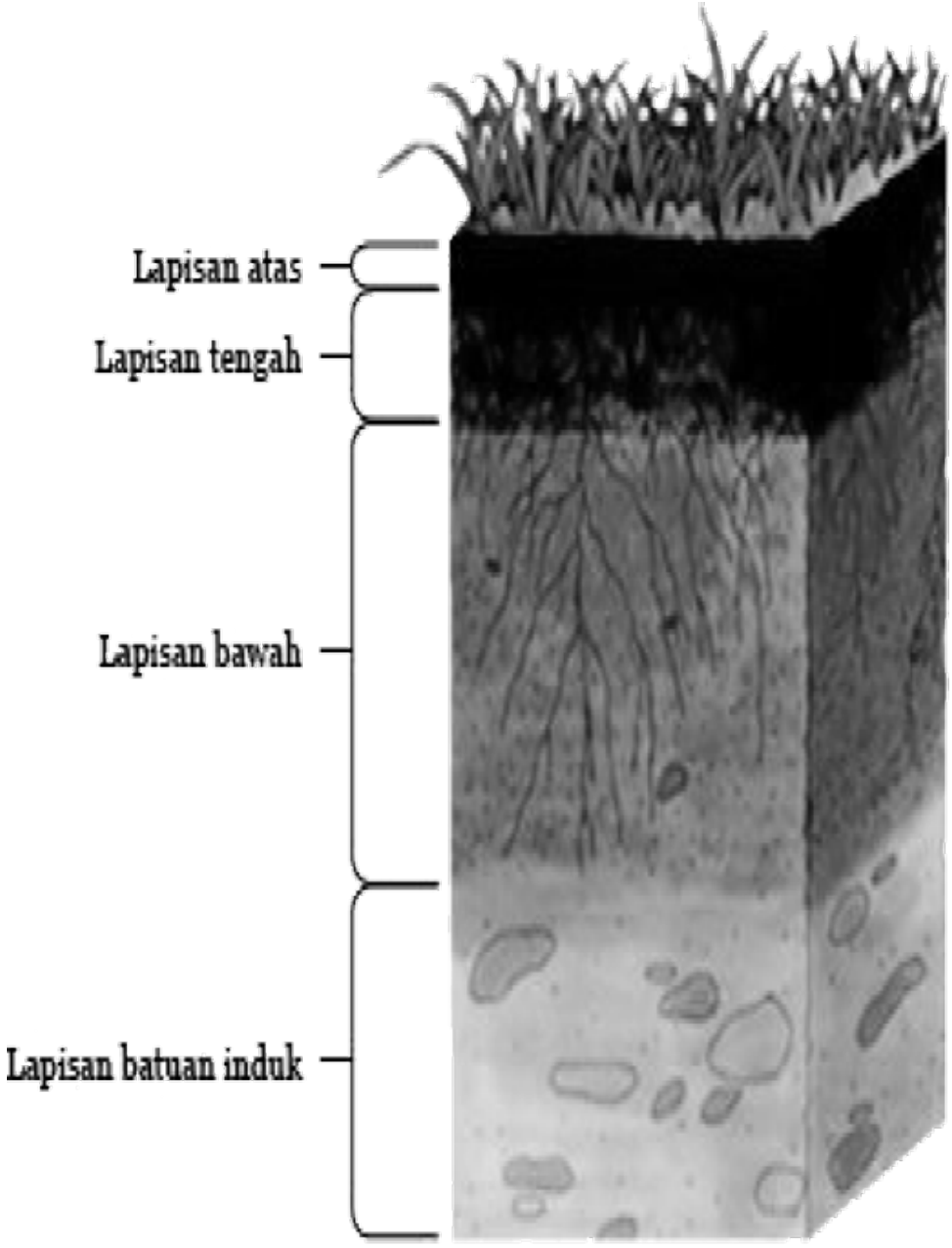
Secara umum ada tiga jenis utama tanah, yaitu lempung, pasir dan humus. Kadar masing-masing jenis tanah ini di suatu tempat dapat sangat bervariasi.

Sasaran:
1) Mengajak siswa memahami sifat-sifat tanah dan fungsinya sebagai unsur lingkungan hidup dan

2) Mendorong siswa melindungi tanah sebagai sumber daya alam yang berharga.

Pelajaran terkait: IPA, Prakarya
Keterampilan: Mengamati di lapangan, membuat laporan pengamatan, kerja kelompok.

Jenis tanah	Ciri utama
Lempung atau liat	Kemampuan menyerap air rendah sehingga tanah tergenang. Butir tanahnya sangat lembut, sehingga hanya sedikit udara yang dapat masuk dan tingkat pelapukan **bahan organik rendah**.
Tanah pasir	Butir tanah lebih kasar, air dapat mengalir baik, tetapi di musim kemarau tidak dapat menahan air dalam waktu lama sehingga mudah terbawa angin. Kandungan **bahan organik rendah**.
Tanah humus	Butirannya bervariasi. Warna coklat kehitaman karena mengandung **banyak bahan organik** yang kaya zat hara. Menyerap air secara lambat dan tidak mudah tergenang, ideal untuk bercocok tanam.
Tanah vulkanik	Berasal dari debu letusan gunung berapi. Warna gelap dan umumnya mengandung unsur hara yang tinggi sehingga sangat baik untuk pertanian. Sangat mudah menyerap air.



Sumber: http.upload.wikimedia.org

Lapisan tanah terdiri atas lapisan atas, lapisan tengah, lapisan bawah, dan lapisan batuan induk. Perhatikanlah gambar ini.

Lapisan atas adalah yang paling subur, terbentuk dari hasil pelapukan batuan dan makhluk hidup hidup (hewan dan tumbuhan) yang mati, disebut **bahan organik**.

Lapisan tengah, terbentuk dari campuran hasil pelapukan batuan dan air dan karena sebagian bahan lapisan atas terbawa air dan mengendap.

Lapisan bawah, berupa bongkahan-bongkahan batu yang di sela-selanya berisi hasil pelapukan batuan yang belum melapuk secara sempurna.

Lapisan batuan induk, berupa bebatuan yang padat.

Sifat terpenting tanah yang perlu kita ketahui adalah kesuburannya. Kesuburan tanah ditentukan oleh jenis butiran tanah, kandungan mineral, dan zat hara atau makanan yang dibutuhkan oleh tumbuhan di atasnya. Semakin banyak zat hara dan mineral, umumnya tanah semakin subur.

Namun kesuburan tanah ini hanya pada kedalaman tertentu saja, yaitu beberapa sentimeter di lapisan tanah atas, yang umumnya dapat dijangkau akar tumbuhan. Proses pembusukan oleh bakteri dan suhu tanah berlangsung di lapisan atas ini.

Kesuburan tanah dapat hilang atau berkurang karena dua hal, yaitu erosi dan pencemaran.

1. **Erosi**: lapisan tanah atas hilang karena gerakan air, angin dan kemiringan. Misalnya, hujan lebat melarutkan tanah, terutama di lereng-lereng curam; angin juga dapat menerbangkan butir-butir tanah. Erosi juga disebabkan oleh kegiatan budi daya yang berlebihan sehingga tanah rusak atau memadat dan zat hara yang ada di dalamnya lenyap.
2. **Pencemaran:** Di mana saja ada kegiatan manusia, pasti ada sampah. Jenis sampah umumnya dapat dibedakan menjadi **sampah organik** dan **anorganik.**

Sampah organik berasal dari makhluk hidup, seperti tumbuhan (daun, buah, sayuran, rumput, ranting jerami) dan bagian tubuh hewan yang mati yang dapat membusuk dan terurai kembali di dalam tanah.

Sampah anorganik berasal dari bahan mineral atau benda lain yang bukan makhluk hidup dan sifatnya tidak dapat membusuk. Contohnya kaleng, plastik, gelas, cairan kimia seperti minyak, oli, baterai, dan accu kendaraan bermotor.

Sampah padat yang tidak dikelola dan menumpuk tidak dapat cepat membusuk, khususnya jika banyak plastiknya.

Tanah juga dapat tercemar karena terlalu penyemprotan pestisida dan penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dalam jangka panjang. Selain mencemari tanah, penggunaan pestisida yang tidak sesuai aturan juga mematikan makhluk hidup di dalam tanah, termasuk yang bermanfaat bagi tumbuhan.

Selain sampah padat, tanah juga tercemar oleh sampah cair (limbah) kegiatan pabrik yang merasuk ke dalam tanah.

Dalam topik ini ada lima aktivitas yang dapat dilakukan. Jika tidak semua kegiatan dapat dilaksanakan, disarankan untuk memilih satu dari kegiatan 1, 2 dan 3 dan usahakan untuk melakukan aktivitas 4 dan 5.

1. **Mengamati unsur penyusun tanah**
2. **Mengamati keberadaan cacing dan berbagai hewan kecil yang berperan menjaga kesuburan tanah**
3. **Mengamati erosi tanah dan memahami peran tumbuhan dalam menjaga kestabilan tanah**
4. **Mengenali berbagai sumber pencemaran tanah dan pencegahannya.**
5. **Mengenali dan mengelola sampah di sekitar kita**

AKTIVITAS 1.

Mengamati unsur penyusun tanah

Aktivitas ini lebih mudah dilaksanakan jika siswa bekerja dalam kelompok kecil, yang masing-masing paling sedikit terdiri dari 3 orang.

Bahan yang diperlukan: 3 buah botol bekas yang mulutnya lebar atau botol air yang bagian lehernya dipotong; tanah dari tiga lokasi yang berbeda, air dan gayung.

Langkah-langkah:

1. Ambil tanah dari tiga tempat berbeda, misalnya di halaman rumah, sawah dan ladang atau lokasi lainnya.
2. Masukkan setiap contoh tanah ke dalam masing-masing botol, sebanyak sepertiga isi botol.
3. Tandai/beri nama masing-masing botol sesuai dengan asal tanah yang ada di dalam botol.
4. Masukkan air ke dalam botol yang sudah diisi tanah, lalu kocok sampai tercampur dan biarkan selama 2-3 hari.
5. Amati isi botol, khususnya bahan-bahan yang mengendap dan yang mengapung

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Apa saja bahan yang terapung?
2. Apa saja bahan yang mengendap?
3. Adakah bahan organik (lihat keterangan di kotak kanan) yang terlihat?
4. Apa kesimpulan kalian kalau bahan organik di dalam tanah sedikit/banyak?

APA ARTINYA

Bahan organik (artinya bahan dari tumbuhan dan hewan yang telah mati atau membusuk) di dalam tanah membuatnya berwarna coklat atau hitam.

Manfaat terpenting bahan organik:

1. Membantu menyerap air di dalam tanah sehingga tanah menjadi lembap;
2. Menyediakan zat karbon dan nitrogen yang diperlukan oleh tanaman; dan
3. Membuat tanah menjadi stabil karena tanah yang subur mendukung tanaman/pohon yang akarnya kuat mengikat tanah dan tidak mudah tererosi.

AKTIVITAS 2.

Cacing - Petunjuk kesuburan tanah

Siswa bekerja dalam kelompok sebanyak 3-5 orang.

Kehadiran cacing di dalam tanah bisa menjadi petunjuk kesuburan tanah. Pengamatan ini (mungkin dengan bantuan kaca pembesar) akan membantu kita melihat buktinya.

Langkah-langkah:

1. Galilah lubang di tanah dengan ukuran 30 x 30 x 30 cm di tiga tempat yang berbeda (misalnya, sawah, kebun, pinggiran sungai, ladang)
2. Ambil tanah dari masing-masing tempat, masukkan di dalam ember kecil atau wadah lainnya
3. Hitunglah cacing dari masing-masing contoh tanah, lalu amati ciri-ciri yang tertulis di dalam tabel di bawah ini dan bandingkan untuk masing-masing lokasi

Dari pengamatan tanah di tiga tempat yang berbeda itu, tanah dari mana yang paling banyak cacingnya?

1. Apakah kamu juga menemukan bangkai atau hewan yang masih hidup di dalam contoh tanah yang kamu amati?
2. Bisakah kamu menjelaskan kenapa tanah yang kamu amati itu banyak cacing atau hewan lainnya?
3. Begitu juga untuk tanah yang tidak ada cacingnya, mengapa demikian?

Tingkat kesuburan tanah		
Kurang	**Sedang**	**Sangat subur**
Jumlah cacing tidak ada atau hanya 1 ekor	Jumlah cacing yang ditemukan 2-10 ekor	Jumlah cacing yang ditemukan lebih dari 10 ekor
Lubang atau sarang cacing tidak ada	Ada beberapa lubang atau sarang cacing	Ada banyak lubang atau sarang cacing.
Serangga atau hewan kecil lainnya tidak ada	Ada sedikit serangga atau hewan kecil lainnya	Ada banyak serangga atau hewan kecil lainnya.

AKTIVITAS 3.

Hewan kecil di dalam dan di permukaan tanah

Selain cacing, keberadaan hewan-hewan kecil di dalam dan di permukaan tanah juga sangat membantu menjaga kesuburan tanah. Kita akan mengamati hewan-hewan kecil yang terperangkap untuk mengetahuinya.

Alat dan bahan yang dibutuhkan

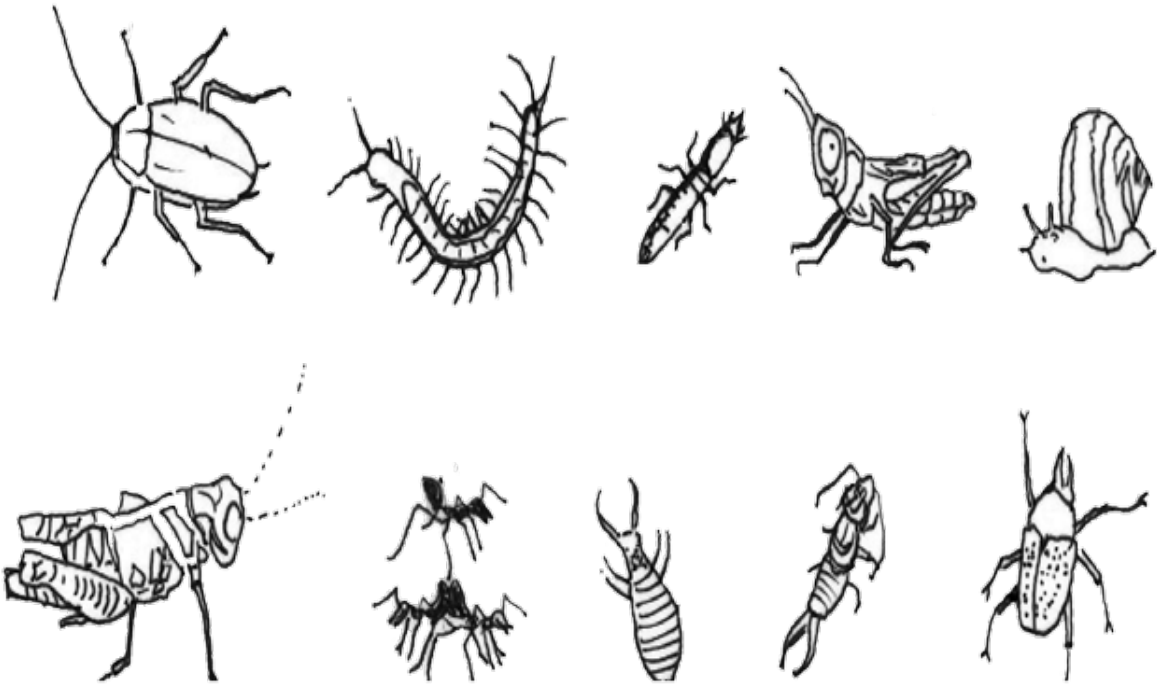
linggis kecil/cangkul/sekop	1 buah
gelas plastik atau botol yang dipotong bagian atasnya	1 buah
mangkuk kecil	1 buah
piring	1 buah
Air gula atau bahan makanan	secukupnya
Papan kecil	1 buah
Pensil	1 buah

Langkah-langkah dan cara melakukan percobaan

1. Buatlah lubang di tanah sebesar ukuran botol, misalnya di halaman rumah atau di kebun.
2. Masukkan gelas plastik ke dalam lubang di tanah, bagian atasnya sejajar dengan permukaan tanah.
3. Pastikan posisi gelas kokoh dengan menekan tanah di sekitarnya.
4. Masukkan air gula atau remah-remah makanan ke dalam gelas agar menarik hewan untuk datang.
5. Letakkan empat batu di sekitar gelas dan taruh papan di atas keempat batu. Tutup ini gunanya untuk melindungi hewan yang sudah terperangkap dari hujan.

6. Esok harinya, buka papan penutupnya dan ambil hewan-hewan yang sudah terperangkap.

   Jika tidak ada hewan yang terperangkap, lakukan lagi mungkin 2-3 hari berikutnya baru dilihat hasilnya.



7. Cocokkan temuan pengamatan kalian dengan gambar-gambar di atas ini.

   Berilah nama hewan tanah yang kamu kenali dari daftar nama ini.

Lipan

Kaki seribu

Rayap

Kecoa

Siput

Semut

Undur-undur

Kumbang

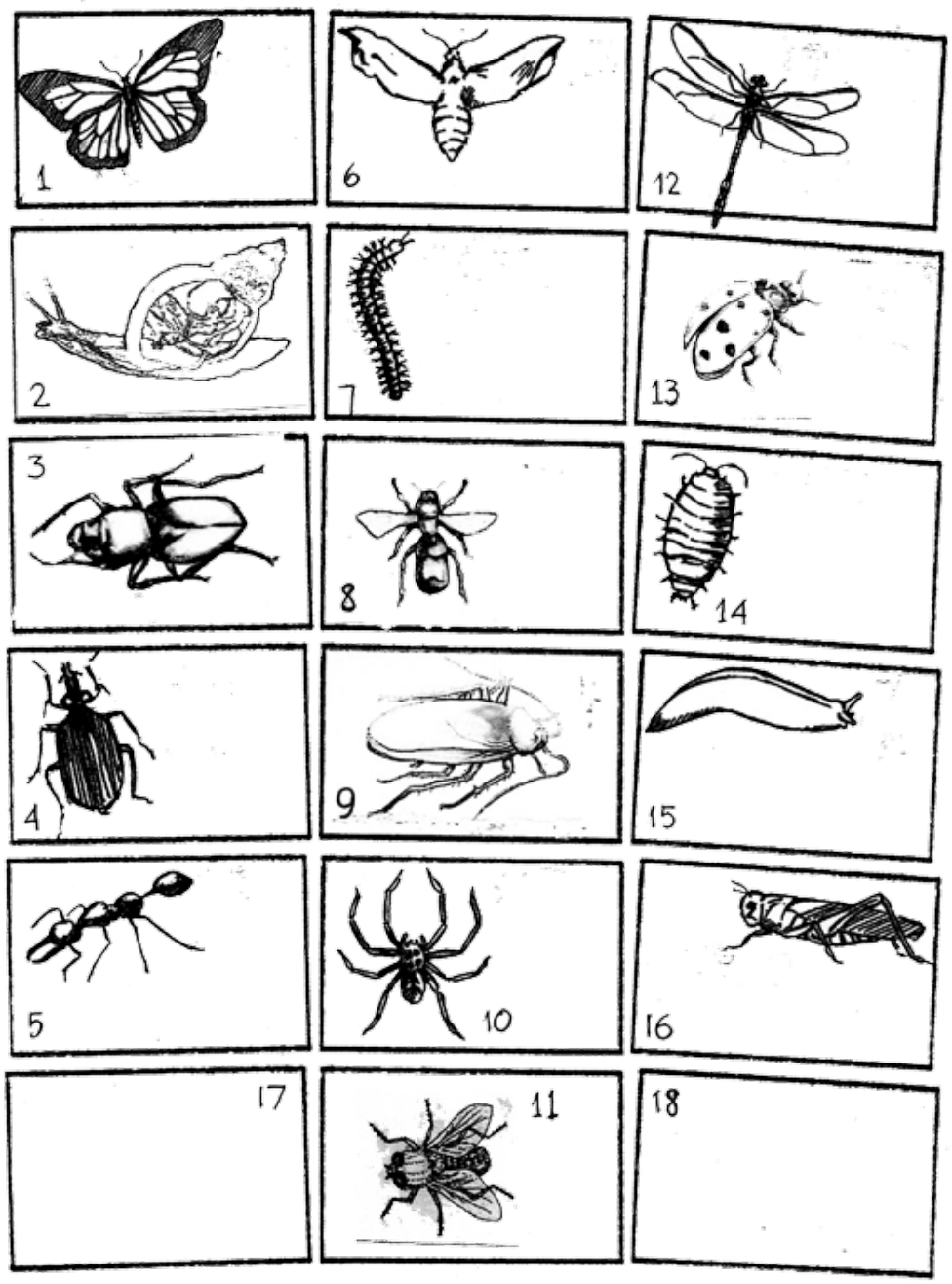
Jangkrik

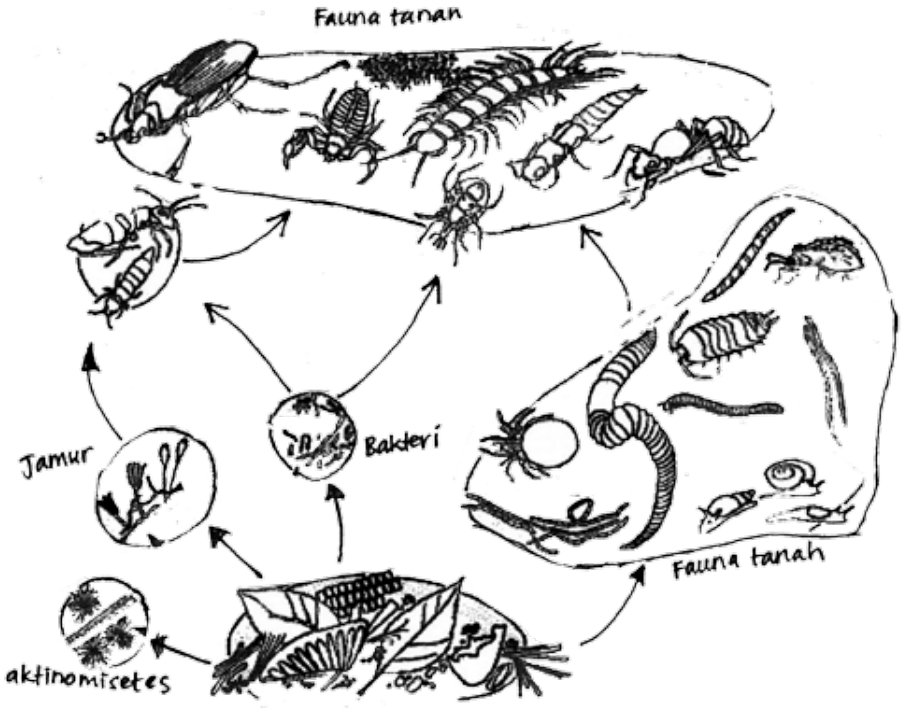
Belalang

8. Coba ceritakan hasil temuan kalian di depan kelas.
9. Kalau hanya sedikit atau tidak ada satupun hewan-hewan kecil yang kalian temukan di dalam tanah, apa kesimpulan kalian? (Lihat penjelasan pada gambar di halaman berikut).
10. Dari hewan-hewan yang kalian temukan, tahukah kalian manfaat atau peran masing-masing hewan tersebut? (Perhatikan gambar di halaman berikut).
    - Cacing, seperti traktor, menggemburkan tanah, memakan sampah organik dan menghasilkan kotoran yang menjadi pupuk bagi tanaman
    - Kumbang ….
    - Luwing (kaki seribu) …..
    - Semut …..
    - Siput dan siput telanjang (tanpa rangka) ….

11. Gambar di bawah ini juga dapat dibagikan kepada siswa untuk melakukan pengamatan avertebrata di lingkungan rumah atau sekolah yang dapat mereka identifikasi. Untuk Nomor 17 dan 18 silahkan siswa mengisi hewan lain yang mereka temukan dan menyebutkan namanya atau memberikan gambar.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.





Sampah organik

Keterangan gambar:

Bahan organik merupakan sumber energi bagi organisme mikro (jasad renik) yang tidak terlihat oleh mata dan fauna tanah yang kasat mata.

Jasad renik atau sering disebut mikroba ada di mana-mana dan perannya sangat penting dalam kehidupan. Ada 6 kelompok utama jasad renik: bakteri, virus, jamur, protozoa, alga dan Archaea yang terdiri dari satu atau beberapa sel.

Ada mikroba yang menyebabkan penyakit tetapi sebagian besar sangat berguna. Peran utamanya adalah menjada keseimbangan kehidupan di bumi: mengisap gas-gas, membusukkan tumbuhan dan bangkai hewan sehingga bisa dimanfaatkan oleh manusia, khususnya dalam proses mendaur zat hara. Manusia tidak bisa melangsungkan hidup tanpa mikroba, tetapi mikroba tetap jaya tanpa manusia!

Dalam gambar di atas sampah organik di atas tanah akan menyebabkan aktivitas dan populasi mikroba tanah meningkat, terutama yang berkaitan dengan aktivitas pembusukan dan penguraian hara. Ada dua kelompok organisme utama yang berperan dalam proses ini: mikroba (aktinomisetes, jamur dan bakteri) dan fauna tanah (cacing, siput, undur-undur, lalat, kumbang kecil, luwing). Kedua kelompok ini kemudian menjadi bahan makanan bagi fauna tanah yang lebih besar (kumbang, kalajengking, luwing, semut, rayap).

Fauna tanah ini juga berperan dalam proses pelepasan hara, bahkan ikut membantu memelihara struktur tanah sehingga tetap gembur.

AKTIVITAS 4.

Erosi - Masalah tanah dan peran tumbuhan

Bahan penjelasan untuk guru mengenai topik ini dapat dilihat dalam Bab 4.1.

Pengantar

Erosi adalah hilangnya lapisan tanah atas terutama karena faktor alam, yaitu butir-butir tanah terlarut arus air atau terbawa angin tetapi juga akibat kegiatan manusia.

Secara alami air hujan yang jatuh langsung di atas permukaan tanah tanpa tumbuhan di atasnya mengalir langsung ke tempat yang lebih rendah. Khususnya ketika hujan lebat gerakan air deras ini dapat mengikis lapisan tanah atas yang dilaluinya, terutama di lereng-lereng curam, di tepi sungai atau pantai yang tidak ada tumbuhan penahan erosinya.

Angin kencang juga dapat menerbangkan butir-butir tanah yang halus. Erosi lapisan tanah atas juga dapat disebabkan oleh kegiatan budi daya yang berlebihan sehingga struktur tanah rusak atau memadat dan melenyapkan zat hara yang ada di dalamnya.

1. Perhatikan gambar di bawah ini dan ceritakan apa yang terjadi dengan lapisan tanah atas dan pohon yang tumbuh di atasnya.

---

2. Perhatikan tiga gambar di bawah ini. Ceritakan kegiatan manusia yang berlangsung dan apa saja akibatnya bagi tanah di sekitarnya.

Jenis kegiatan:
Penebangan hutan dalam skala luas

Akibatnya bagi tanah: Karena tanah tidak lagi tertutup oleh banyak tumbuhan, maka air hujan yang turun _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Jumlah air hujan yang langsung mengalir ke aliran sungai menjadi sangat kuat sehingga

_____

_____

_____

_____

_____

3. Perhatikan gambar perakaran di bawah ini, menurut kamu pohon seperti ini tumbuh di atas tanah seperti apa? (di daratan atau di dekat perairan?)

Di atas tanah yang keras?

Benar	Salah

Di atas tanah yang lembek di dekat perairan?

---

4. Menurut kamu, apa guna akar yang tampaknya kusut itu?

Tempat	Kegiatan yang menyebabkan erosi	Apa upaya mencegah erosi yang kamu ketahui
Tanah berlereng		
Hutan		
Tepi sungai atau pantai		
Ladang		

Kegiatan tambahan

Coba ciptakan permainan ular tangga dengan tema pemeliharaan kesuburan tanah - langkah mundur kalau kegiatan merugikan, langkah maju untuk kegiatan yang menguntungkan tanah

5. Bicarakan dengan 2-3 orang siswa lainnya, dan isilah tabel di bawah ini.
6. Ingat penjelasan dalam **Aktivitas 1** bahwa tanah yang paling subur adalah di lapisan paling atas. Ketika lapisan ini mengalami erosi, apa saja kerugian yang yang terjadi. Kalau tidak tahu jawabannya, kamu bisa bertanya kepada orang dewasa lainnya:

   a. Kerugian bagi petani yang menanam tanaman pangan

   ---

   b. Kerugian bagi tanaman pangan (seperti padi, sayuran dan pohon penghasil buah)

   ---

   c. Kerugian bagi lingkungan

   Erosi tanah membuat sungai

   Erosi tanah membuat danau

   Erosi tanah membuat pantai dan pesisir

   Erosi tanah akan membuat ikan di pesisir dan hewan laut lainnya

   ---

   Bicarakan dengan teman-teman di kelas, upaya apa saja yang dilakukan oleh masyarakat di sekitar kalian untuk mencegah erosi dan kerusakan tanah?

   a. upaya pencegahan erosi yang berhasil

   ---

   b. upaya pencegahan erosi yang belum berhasil

   ---

7. Adakah tempat-tempat di sekitar sekolah atau tempat tinggal kalian yang rawan erosi?

   Coba jelaskan kemungkinan penyebabnya dan bicarakan dengan 2-3 teman upaya apa yang bisa kalian lakukan (misalnya, menulis surat kepada Kepala Desa untuk mengusulkan kerja bakti bersama) - Buatlah poster upaya pencegahan erosi di lingkunganmu.

AKTIVITAS 5.

Mengenali sampah yang mencemari lingkungan

Bahan penjelasan untuk guru mengenai topik ini dapat dilihat dalam Bab 4.2.

Sampah: semua benda yang dibuang karena tidak dipakai lagi.

Sumber utama: kegiatan pabrik untuk menghasilkan barang-barang kebutuhan sehari-hari. Kegiatan menghasilkan **sampah padat** dan sampah buangan berupa cairan atau disebut **limbah**. Lalu sebagian besar barang yang kita gunakan itu menghasilkan berbagai **sampah rumah tangga**.

Jenis sampah:
Sampah organik = berasal dari makhluk hidup, seperti tumbuhan (daun, buah, sayuran, rumput, ranting jerami) dan bagian tubuh hewan yang mati yang dapat membusuk dan terurai kembali di dalam tanah.

Sampah anorganik = berasal dari bahan mineral atau benda lain yang bukan makhluk hidup dan sifatnya tidak dapat membusuk. Contohnya kaleng, plastik, gelas, cairan kimia seperti minyak, oli, baterai, dan accu kendaraan bermotor.

Pengantar

Pencemaran tanah biasanya terjadi akibat kegiatan manusia dan merupakan salah satu penyebab tanah kehilangan kesuburannya. Karena sifat sampah organik dan anorganik berbeda, kita perlu mengenalinya sehingga dapat mengolah sampah dan mengatasinya dengan tepat. Umumnya, masih banyak orang membuang sampah yang bercampur aduk antara yang organik dan anorganik, tanpa berpikir panjang tentang akibatnya.

Sampah yang dipilah seawal mungkin bisa tetap bermanfaat. Misalnya, tumpukan sampah organik akan membusuk karena panas matahari dan karena bantuan jasad renik di dalam tanah (Lihat gambar dalam Aktivitas 3). Proses pembusukan ini dapat menghasilkan bahan campuran untuk pupuk atau kompos yang bermanfaat untuk tanaman.

Sebaliknya, sampah anorganik tidak akan membusuk sehingga perlu diolah secara berbeda. Beberapa jenis plastik, logam atau gelas bisa dibersihkan dan dimanfaatkan lagi, yang dikenal dengan istilah **mendaur ulang**. Misalnya, para pemulung di kota sering memilah sampah anorganik ini dan kemudian menjualnya untuk membuat barang lain.

Namun perlu diingat bahwa hanya sebagian kecil dari sampah anorganik yang dapat didaur ulang. Sebagian besar tetap tertimbun di suatu tempat atau mengapung dan menyumbat aliran sungai. Sampah merupakan musuh yang perlu kita atasi kita bersama!

Untuk aktivitas ini, siswa dibagi dalam dua kelompok: A dan B

Sampah organik	1	2	3	4	**Sampah anorganik**	1	2	3	4
Kulit pisang					Plastik pembungkus mie				
Jumlah									

Siswa diberi tugas untuk mencatat setiap hari selama seminggu apa saja barang yang ada di tempat sampah di rumah mereka masing-masing. Tuliskan jenis sampah dalam tabel di bawah ini menurut jenisnya, sudah ada satu contohnya.

Siswa dalam kelompok B diberi tugas yang sama di sekolah. Tuliskan jenis sampah dan memilahnya dalam tabel seperti contoh di bawah:

1. Diskusikan di kelas (guru membuat tabel seperti contoh, untuk sampah di rumah dan di sekolah). Siswa dari masing-masing kelompok A dan B menyebutkan hasil temuan mereka mengenai jenis sampah dan guru menuliskan di papan tulis.

2. Setelah nama jenis sampah dibuat di papan tulis, guru mengajak siswa untuk menghitung frekuensi masing-masing jenis sampah ditemukan. Caranya, siswa yang menemukan 'plastik bungkus mie' diminta angkat tangan, lalu dihitung dan ditulis di papan tulis. Demikian seterusnya untuk jenis sampah lainnya.

3. Setelah selesai, jumlahkan jenis sampah yang ada di daftar dari masing-masing kelompok. Kemudian siswa dapat menunjukkan sampah mana yang dominan/lebih sering terdapat dalam sampah sehari-hari.

4. Berdasarkan hasil pengamatan sampah di atas, siswa memikirkan tindakan yang bisa mereka lakukan di sekolah dan di rumah:
   a. kalau lebih banyak sampah organik, apa yang harus dilakukan
   b. apa yang dapat mereka lakukan kalau sampah anorganik lebih banyak

5. Jenis sampah mana yang masih bisa digunakan lagi (sebelum dibuang ke tempat sampah)

6. Apa yang bisa dilakukan untuk mengurangi penggunaan barang yang menghasilkan sampah anorganik?

7. Apa saja masalah yang dihadapi di lingkungan setempat untuk mengatasi sampah?

8. Dalam mengatasi sampah, pihak atau lembaga apa yang bisa bekerja sama dengan siswa sekolah untuk melakukan kegiatan pengelolaan sampah secara berkelanjutan?

   Di tingkat Desa
   Di tingkat Kecamatan
   Di tingkat Kabupaten/Kota

No	Masalah	Cara mengatasinya
1.	Perilaku membuang sampah	
2.	Tidak ada tempat sampah	
3.	Tidak ada tempat sampah yang dipilah	
4.	Masalah lain	

Kegiatan alternatif

Bagi kelompok yang sudah selesai lebih cepat, mereka bisa didorong untuk bekerja dalam kelompok masing-masing, yaitu membahas jenis-jenis kegiatan yang menghasilkan sampah organik dan sampah anorganik (jika ada) di sekitar lingkungan mereka.

Setelah siswa selesai bekerja di dalam kelompok, masing-masing melaporkan hasilnya di kelas. Pengajar menuliskan hasilnya di papan tulis dengan menggunakan contoh tabel di atas. Jika kelompok siswa memberikan informasi yang sama untuk skala lingkungan yang sama (desa, kecamatan, kota), hasilnya hanya perlu ditulis sekali saja.

(untuk menghargai kelompok siswa yang rajin mengamati dan membagikan temuannya yang tidak dibahas kelompok lain, mereka bisa mendapat hadiah sederhana)

Jenis kegiatan yang menghasilkan sampah	Sampah yang dihasilkan	
	Organik	Anorganik
Di rumah a. b. c. d.		
Di desa tempat tinggal siswa a. b. c. d.		
Di kota tempat tinggal siswa a. b. c. d.		

AKTIVITAS 6.

Kegiatan lain yang bisa dilakukan

Siswa bekerja dalam kelompok 5-6 orang, masing-masing kelompok diberi tugas untuk mengunjungi salah satu tempat-tempat umum di bawah ini:

a. Tempat rekreasi (taman kota atau pantai)
b. Pasar tradisional
c. Pusat perbelanjaan (Mall)
d. Terminal bis atau angkutan umum

Lakukan pengamatan tentang sampah di masing-masing lokasi di atas dengan menggunakan tabel seperti contoh **Aktivitas 5**.

1. Perhatikan apakah di tempat-tempat tersebut sampah dipilah sesuai jenisnya?
2. Jika tidak, siswa dapat melakukan hal-hal seperti contoh berikut:
   a. Atas nama kelompok, menulis surat kepada pengelola pasar atau pusat perbelanjaan atau dinas pekerjaan umum untuk menyediakan tempat sampah yang terpisah bagi sampah organik dan anorganik dengan lebih baik.
   b. Siswa dapat melaporkan hasil pengamatan masing-masing kelompok, berupa tulisan atau gambar (poster seperti contoh pada **Aktivitas 8**) untuk menunjukkan sikap kepedulian mereka tentang:

      Manfaat memilah sampah bagi kesehatan
      Manfaat memilah sampah bagi keindahan dan kebersihan di tempat umum

Lokasi kegiatan yang menghasilkan sampah	**Sampah yang dihasilkan**	
	Organik	**Anorganik**

AKTIVITAS 7.

Ayo kita lakukan bersama

Sampah adalah masalah serius bagi kita semua.

Setiap orang terlibat dalam menghasilkan sampah, dan setiap orang bisa ikut mengatasinya.

Siswa membuat poster bergambar (lihat contoh-contoh dalam halaman berikutnya) mengenai contoh-contoh tindakan yang bisa dilakukan, seperti:

(Sumber: Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Udara. Hanns Seidel Foundation).

1. **Mengurangi** konsumsi barang yang menghasilkan sampah, khususnya anorganik (Kalau belanja di warung, pakai tas plastik seperlunya saja).
2. **Mendaur ulang**. Hindari memakai barang yang sekali pakai langsung dibuang. Misalnya cari cara lain yang aman dan sehat tanpa harus menggunakan gelas plastik di pertemuan-pertemuan keluarga atau acara hajatan, kalau belanja pakai tas plastik sesedikit mungkin atau gunakan tas dari kain yang bisa dicuci dan dipakai berkali-kali. Atau memakai tas dari kain yang bisa dicuci dan dipakai lagi.
3. **Memilah sampah** di setiap rumah sehingga yang organik bisa dimanfaatkan untuk pupuk dan hanya yang anorganik dibawa ke tempat penampungan untuk ditanam. Ingat bahwa berapa ribu tahun pun ditimbun, sampah plastik tidak akan pernah sirna.
4. Banyak sekali makanan ringan (permen, bikuit, mie instan) yang setiap butirnya dibungkus plastik, lalu dibungkus lagi. Coba tulis surat ke perusahaan yang membuatnya supaya mengurangi plastik pembungkusnya.
5. Di tempat-tempat umum (sekolah, kantor pemerintah, tempat rekreasi, pusat pertokoan), sediakan tempat sampah berbeda untuk organik dan anorganik (misalnya, warna hijau untuk organik dan warna merah untuk anorganik).
6. Lakukan kerja bakti di desa, dan tempat umum lainnya khususnya untuk membersihkan dari sampah plastik.
7. Membiasakan sejak dini untuk membuang sampah di tempatnya.
8. Memiliki perilaku yang benar dalam memperlakukan sampah.
9. Pada hari-hari istimewa, tekankan penggunaan bahan-bahan yang tidak banyak menghasilkan sampah atau bahan-bahan yang dapat dipakai kembali.
10. Lomba desa, kebersihan dan keindahan.

Sumber: http://jirowes.weebly.com/tempat-sampah.html

Dari beberapa gambar di atas, apa saja yang bisa dibuat ulang dan mengubah sampah menjadi barang-barang yang bermanfaat.

Topik 2.

Air Bagi Kehidupan

Pengantar

Air dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup agar terus hidup. Bagi manusia, air merupakan kebutuhan terpenting kedua setelah udara.

Air sangat menentukan kelangsungan hidup manusia: faktanya 70% tubuh kita berupa air (sel-sel tubuh dan darah). Fungsi air bagi manusia banyak sekali: mengatur suhu badan agar stabil, membantu mencerna makanan, mengangkut dan mengeluarkan kotoran dari tubuh dan membuat sendi-sendi tubuh kita tidak kering. Karena itu kita tidak dapat hidup tanpa air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa orang umumnya bisa tetap hidup tanpa makanan selama 1-2 minggu tetapi akan mati jika tanpa air selama 3 hari. Air juga sangat penting bagi kelangsungan hidup hewan dan tumbuhan.

Bagaimana hujan terjadi?

Perhatikan gambar di atas, peran sinar matahari sangat penting dalam siklus air karena panasnya membuat air di laut, sungai, danau dan di permukaan tanah dan tumbuhan menguap.

Kemudian uap air ini naik ke angkasa menjadi awan. Karena suhu udara menjadi semakin dingin ketika jaraknya dari muka bumi semakin tinggi, awan yang mengandung uap air menjadi dingin sehingga membentuk butiran-butiran air yang lebih berat daripada udara. Lalu butiran air ini jatuh ke permukaan bumi sebagai hujan.

Tahukah kamu:

* Bumi adalah satu-satunya planet yang ada airnya; 70% permukaan bumi tertutup air.

* Dari semua air yang ada di bumi, hanya 2% berupa air tawar; sisanya adalah air asin.

Coba lakukan: masukkan jari telunjuk ke dalam ember yang penuh air, keluarkan jari dari air dan air dari ujung jari menggambarkan jumlah air tawar yang tersedia di bumi.

Bentuk air sangat dipengaruhi oleh suhu, air yang membeku di kutub berupa es, berupa uap yang bergerak di dalam awan, dan berupa hujan yang jatuh di darat lalu meresap di dalam tanah atau mengalir di sungai-sungai dan tertampung di danau, laut atau samudera. Semua tahap perubahan bentuk air saling terkait dalam suatu proses yang disebut **Daur** atau **Siklus Air** yang diperlihatkan di gambar di atas.

Apa yang terjadi dengan air hujan yang jatuh ke bumi?

Sebagian besar air jatuh langsung dan menggenang di permukaan bumi berupa laut atau danau. Sebagian mengalir melalui sungai. Sementara itu air yang jatuh di permukaan

tumbuhan meresap perlahan ke dalam tanah. Sebagian air yang meresap ini kemudian tersimpan di bawah tanah atau dapat muncul ke permukaan tanah sebagai mata air.

Sejak jatuh berupa hujan, air dimanfaatkan oleh manusia, tumbuhan dan hewan. Sebenarnya air tidak pernah habis atau hilang, tetapi beralih bentuk dari cair, uap air dan di bagian bumi yang dingin air membeku berupa salju.

Mari kita mengenal perjalanan air dan manfaatnya dari beberapa kegiatan berikut.

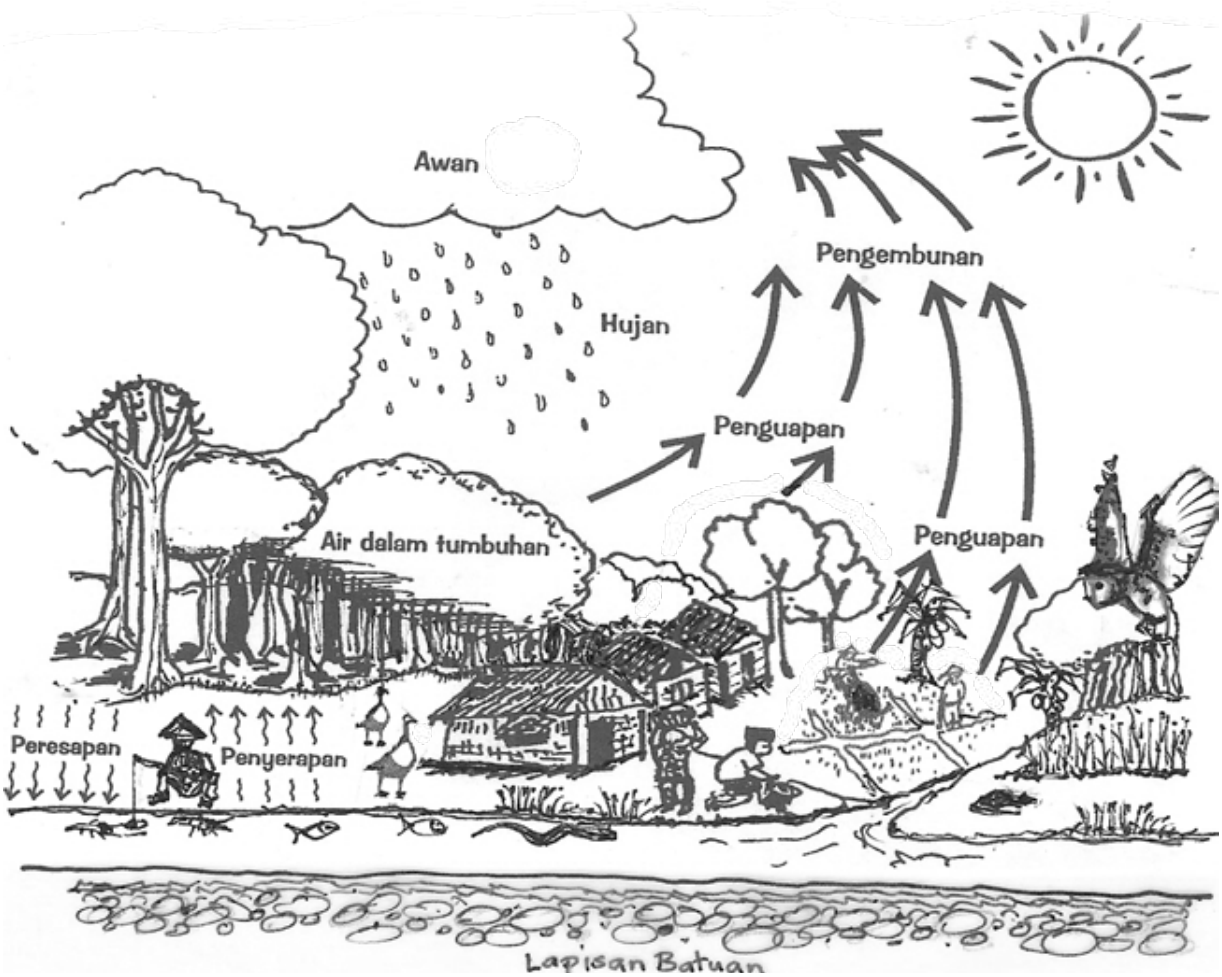
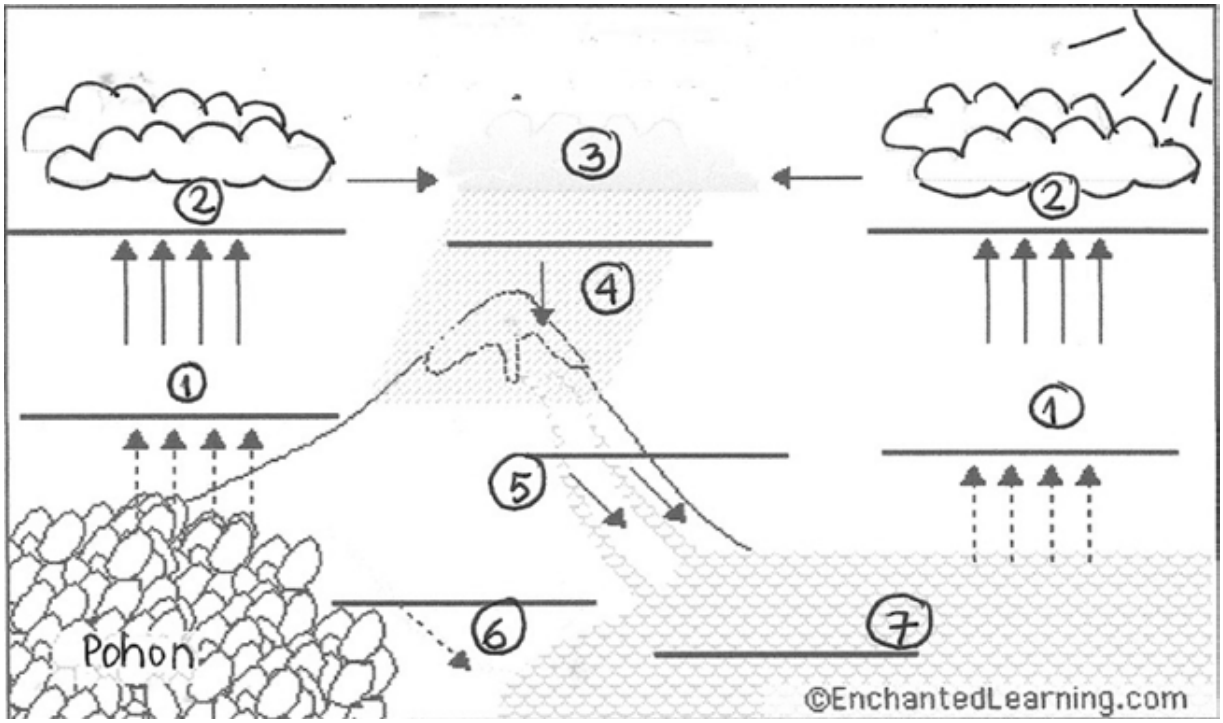


Diagram sederhana siklus air. (Sumber: Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Air. Hanns Seidel Foundation).

AKTIVITAS 8.

Mengenal perjalanan air

Perhatikan gambar ini. Jelaskan dalam kalimat pendek apa yang terjadi dalam setiap tahap daur air, mulai dari nomor 2 dan seterusnya. Contohnya sudah diberikan untuk nomor 1:



1. Dengan bantuan panas dari sinar matahari air menguap dari permukaan laut atau sungai
2.
3.
4.
5.
6.
7.

AKTIVITAS 9.

Pemanfaatan air sehari-hari

Siswa bekerja dalam kelompok kecil (2-3 orang) untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini:

1. Apa saja kegiatan kalian sehari-hari yang menggunakan air

   a.----------

   b.----------

   c.----------

   d.----------

   e.----------

   f.----------

   g.----------

   h.----------

2. Dari mana sumber air untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari keluarga kalian masing-masing. Satu contoh jawaban sudah diberikan

   a. Kami yang tinggal di desa biasanya mandi di sungai

   b. Untuk minum dan memasak kami menggunakan air dari _____

      ----

   c. ----------

   d. ----------

   e. ----------

   f. ----------

3. Coba kalian perhatikan, setelah air dipakai untuk kegiatan keluarga di rumah, ke mana air kotor itu akan mengalir.

   a. Air dari mandi dan mencuci perabot rumah dan pakaian mengalir ke

      ----

   b. Air untuk mencuci motor/mobil

      ----

   c. Air untuk menyiram tanaman

      ----

4. Selain untuk kegiatan rumah tangga, kegiatan apa saja yang berlangsung di sekitar desa/kota tempat tinggalmu yang kamu ketahui menggunakan banyak air dan juga menghasilkan limbah (sampai) cair? Salah satu contohnya sudah diberikan

   a. Kegiatan penambangan emas di hutan menggunakan banyak air dan zat kimia yang mengalir ke sungai-sungai

   b. ----------

   c. ----------

5. Perhatikan lingkungan perairan di dekat kalian tinggal (misalnya, selokan, danau, sungai atau pantai).

   a. Apa saja jenis sampah yang menurut kalian mencemari perairan itu?

   ---

   b. Apa saja jenis pencemaran yang kamu lihat di perairan di lingkunganmu?

   ---

6. Apa saja akibatnya kalau membuang sampah di

   a. Selokan ----------

   b. Sungai ----------

   c. Danau ----------

   d. Pantai atau laut ----------

7. Menurut pendapat kalian, mengapa orang membuang sampah di perairan umum tersebut?

   ---

8. Apa yang bisa kalian usulkan atau lakukan untuk menghilangkan kebiasaan buruk ini?

Tahukah kamu?
Kalau air yang diambil dari dalam tanah (melalui sumur) terlalu banyak daripada air yang diserap oleh tanah, lama-lama lapisan tanah yang menampung air (akuifer) akan rusak dan membuat tanah longsor?

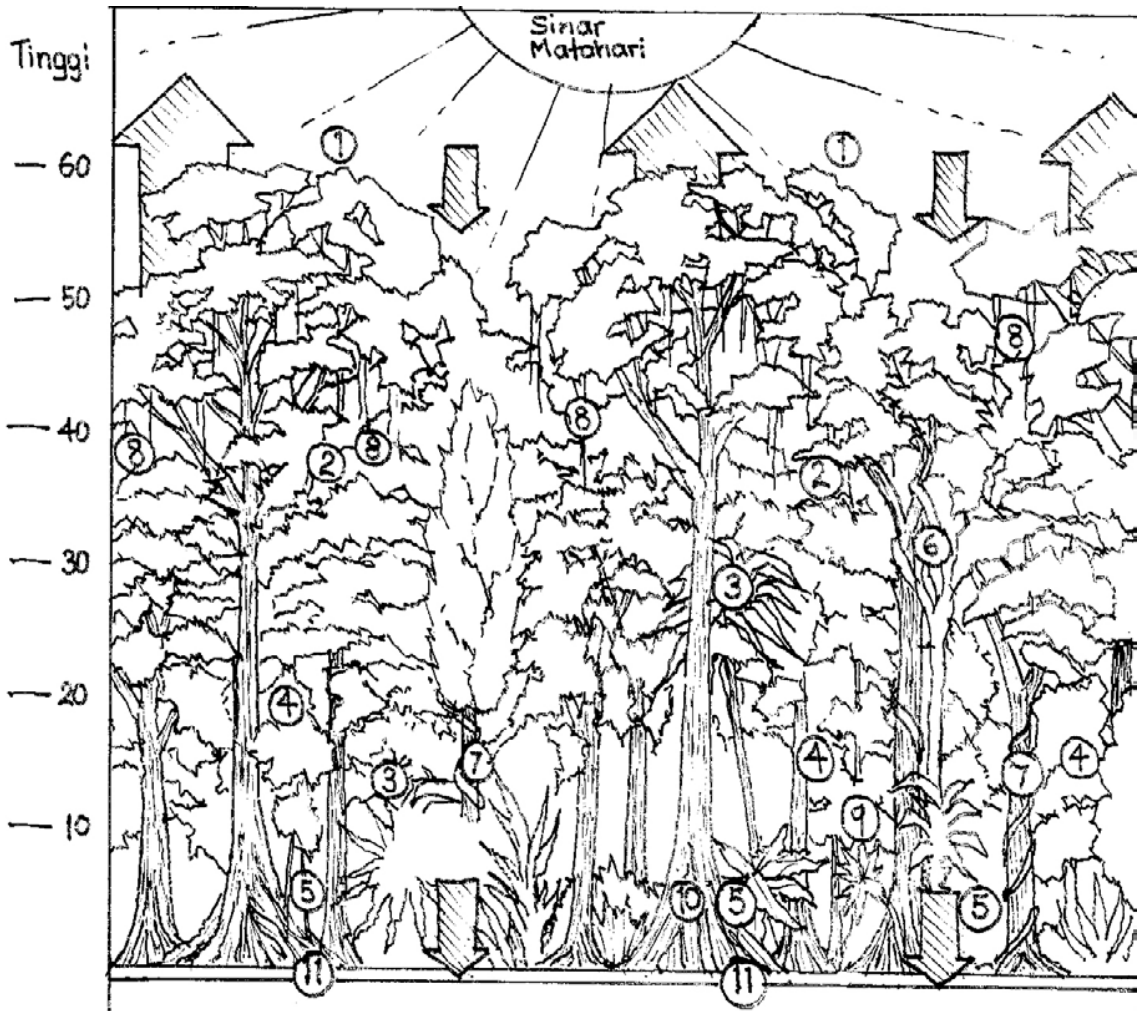
Kiat-kiat menghemat air di rumah

- Matikan keran saat menggosok gigi. Membiarkan keran terbuka selama satu menit sama dengan membuang air sebanyak 9 liter.
- Jika minum dari gelas, habiskan. Jangan menyisakan air di dalam gelas atau kemasan plastik.
- Tampung air limbah wudhu untuk menyiram tanaman, mencuci sepatu, atau membersihkan kamar mandi.
- Gunakan air bekas cucian buah, beras atau sayuran untuk menyiram tanaman. Air bekas cucian itu dapat menyuburkan tanaman.
- Siramlah tanaman di pagi atau sore hari. Penyiraman di siang hari akan memudahkan air menguap percuma ke udara.
- Buatlah lubang-lubang biopori di halaman rumah untuk membantu proses penyerapan air ke dalam tanah.

AKTIVITAS 10.

Memahami peran hutan dalam siklus air

Perhatikan siklus air di hutan dalam gambar di bawah ini. Tanda panah ke atas menunjukkan penguapan, sedangkan panah ke bawah menunjukkan peresapan air. Perhatikan keterangan tentang berbagai jenis tumbuhan di dalam hutan dalam gambar.



Gambar diadaptasi oleh R. Clibborn.

No.	Keterangan - perhatikan informasi tinggi tumbuhan (dalam meter) pada gambar
1	Lapisan pohon menjulang tinggi (umumnya menghasilkan kayu yang berharga)
2	Lapisan pohon utama (sebagian besar menghasilkan kayu yang berharga)
3	Tumbuhan merambat pada pohon-pohon utama
4	Semak dan perdu
5	Pakis, lumut dan tumbuhan di lapisan permukaan tanah
6	Jenis tumbuhan pemanjat, seperti rotan
7	Jenis tumbuhan yang melilit pohon induknya (banyak jenis rotan)
8	Akar nafas
9	Berbagai jenis tumbuhan berbunga seperti anggrek hutan
10	Akar banir atau akar lutut
11	Ranting dan dedaunan mati di atas tanah, dan akar-akar kusut di bawah tanah

1. Di dalam hutan ada beragam bentuk dan jenis tumbuhan yang peran atau fungsinya berbeda. Menurut pengetahuan kalian, apa peran masing-masing tumbuhan di bawah ini dalam mengendalikan aliran air tawar yang kita butuhkan?

   a. Peran daun pada lapisan pohon menjulang tinggi adalah

   .....

   b. Peran tumbuhan pemanjat dan yang melilit di pohon adalah

   .....

   c. Peran daun dan ranting mati di atas lapisan tanah adalah

   .....

2. Siklus air akan terus berlangsung selama ada sinar matahari, tetapi ada banyak kegiatan manusia yang mengganggu siklus air. Contohnya, penebangan pohon di hutan dalam gambar berikut ini menyebabkan hutan menjadi gundul, tanah menjadi kering dan tandus dan sebagian besar air hujan langsung menguap dan suhu disekitarnya menjadi panas sekali. Coba ceritakan apa saja akibatnya bagi proses siklus air di hutan ini.

   a. Ketika hujan lebat air yang tidak tertahan oleh akar dan dedaunan pohon akan

   .....

   .....

   b. Kalau air hujan tidak meresap di dalam tanah melalui pohon dan tumbuhan lain di hutan, apa saja kerusakan atau bencana yang mungkin akan terjadi?

   .....

   .....

   c. Apa saja kerugian yang mungkin harus ditanggung masyarakat?

   .....

   .....

3. Di daerah yang masyarakatnya hidup dari kegiatan pertanian, hutan berperan penting sekali dalam mengendalikan ketersediaan air (dalam hal volume dan waktunya) yang sangat menentukan hasil panennya.

   Bekerja sama dengan 2-3 siswa lainnya, coba tanyakan kepada petani.

   a. Untuk mendapatkan hasil panen yang baik, kapan petani menanam padi atau jagung? (di awal, di tengah atau setelah musim hujan)

      .....

   b. Apakah kebutuhan air berbeda menurut tahap pertumbuhan padi atau jagung?

      .....

   c. Misalnya, ketika menanam benih di sawah

      .....

   d. Ketika tanaman padi masih muda

      .....

   e. Ketika menjelang musim panen

      .....

   f. Tahap pertumbuhan mana yang paling banyak memerlukan air?

      .....

   g. Ketika padi atau jagung sedang tumbuh apa yang akan terjadi kalau kemarau berkepanjangan airnya tidak cukup untuk pertumbuhan selanjutnya?

      .....

   h. Sebaliknya, apa akibatnya kalau hujan lebat berlangsung lama ketika bibit baru ditanam?

      .....

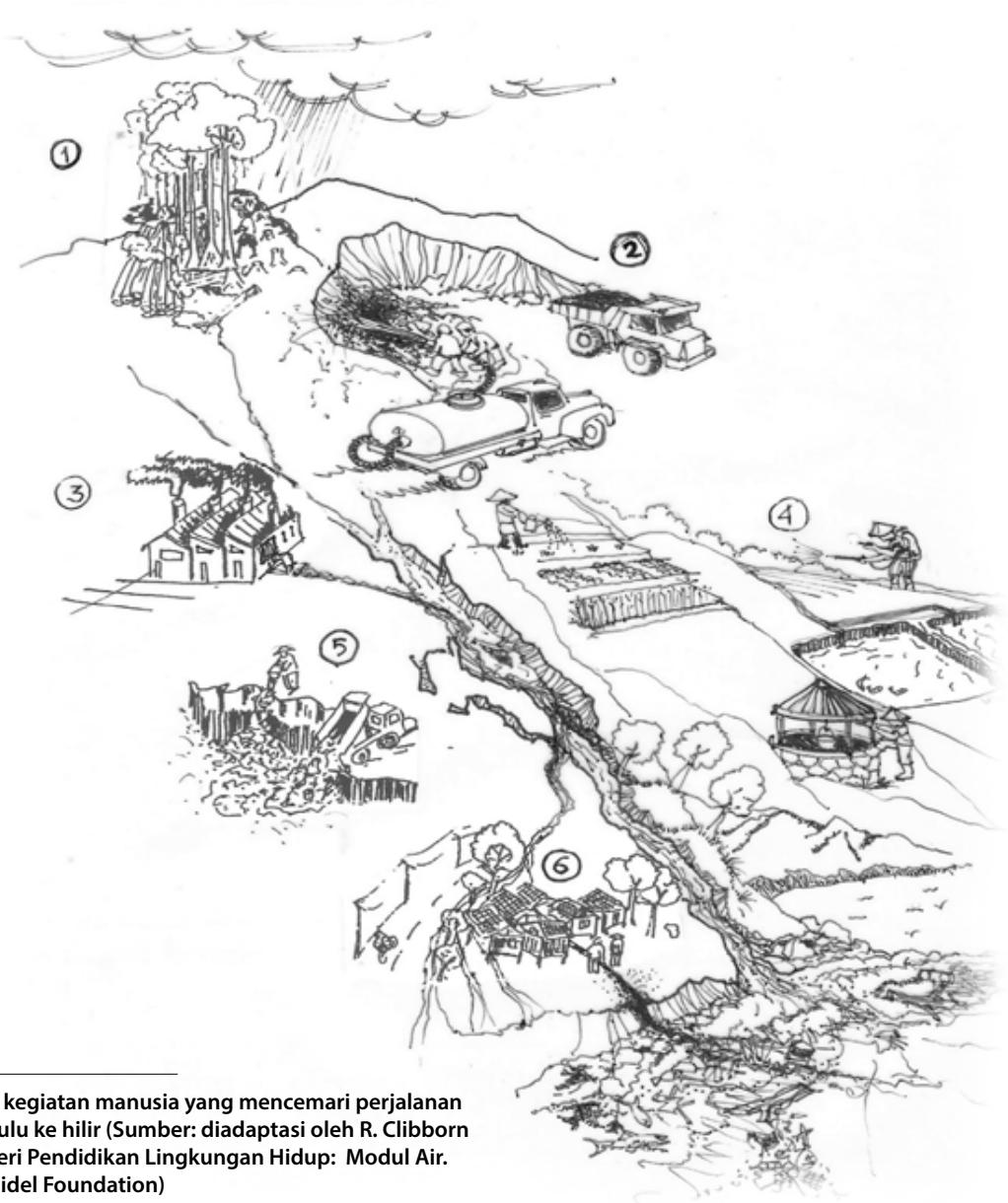
   i. Apa yang dilakukan oleh petani agar tanaman padi atau jagung mendapatkan air yang cukup selama musim tanam?

      .....

AKTIVITAS 11.

Menyelidiki kegiatan yang mencemari perjalanan air

Coba perhatikan dengan jelas gambar di bawah ini yang menunjukkan berbagai kegiatan yang berlangsung dari daerah hulu di dataran tinggi (1) sampai ke daerah pesisir (6) dan apa yang terjadi dengan aliran air. Lengkapi bagian tabel di bagian kanan seperti contoh kegiatan penambangan di kawasan hutan.



Berbagai kegiatan manusia yang mencemari perjalanan air dari hulu ke hilir (Sumber: diadaptasi oleh R. Clibborn dari Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Air. Hanns Seidel Foundation)

Jenis dan lokasi kegiatan	Bentuk gangguan pada aliran dan akibatnya
Penebangan hutan skala besar dan pengangkutan kayu bulat melalui sungai	
Penambangan di dalam kawasan hutan	Hutan yang ditambang umumnya melibatkan penebangan banyak pohon. Tanah yang tererosi mudah terbawa air hujan. Penambangan juga menyedot banyak air untuk penyemprotan tanah. Lalu pengolahan bahan tambang sering menggunakan zat-zat kimia yang dibuang melalui aliran sungai. Air sungai yang tercemar, zat-zat kimia seperti merkuri yang membahayakan kesehatan manusia, hewan dan ikan yang dimakan masyarakat.
Kegiatan pabrik di dekat hutan, seperti pabrik gula atau pabrik kertas	Proses pengolahan di pabrik menyedot air tanah dari sumur-sumur atau sungai didekatnya, lalu menghasilkan limbah (sampah cair) yang sering langsung dibuang ke sungai sehingga ....
Penggunaan pupuk kimia atau pestisida di sawah-sawah	Sisa penyemprotan pestisida yang berlebihan di sawah sebagian tertumpuk, tetapi ada juga yang terbawa aliran air ke sungai ....
Pembuangan sampah dari kegiatan rumah tangga ke sungai atau selokan	
Air buangan dari kegiatan rumah tangga sehari-hari yang umumnya langsung dibuang ke selokan atau	Air bekas mencuci pakaian mengandung banyak bahan kimia, kalau dibuang ke sungai, maka .... Air buangan WC yang langsung disalurkan ke sungai, ... air buangan dari bengkel yang mengandung minyak ....
Kegiatan sehari-hari lainnya yang kamu ketahui mencemari air	

Sungai merupakan bagian penting dalam siklus air.

Siswa bekerja berpasangan (dipandu oleh guru) menjelaskan kegiatan yang menganggu aliran air sungai dan menuliskan keterangan di bawah masing-masing gambar berikut.

a. Lihat gambar A. Jelaskan kegiatan apa saja yang mencemari air sungai

.....

.....

.....

.....

.....

b. Jelaskan akibatnya bagi manusia yang menggunakan air sungai ini

.....

.....

.....

Gambar A.

.....

.....

c. Jelaskan akibatnya bagi hewan yang hidup di sungai ini

.....

.....

.....

.....

.....

d. Jelaskan akibatnya bagi tumbuhan yang hidup di sungai ini

.....

.....

.....

.....

.....

Sumber: Bakosurtanal.

Gambar B.

Di banyak tempat, air tercemar seperti ditunjukkan dalam Gambar A digunakan untuk kegiatan masyarakat sehari-hari.

Sekarang perhatikan Gambar B, jelaskan kegiatan apa saja yang berlangsung di aliran sungai ini

.....

.....

.....

.....

.....

Jelaskan akibatnya bagi kesehatan orang-orang yang menggunakan air untuk kegiatan yang kalian sebutkan di atas

.....

.....

.....

.....

.....

Sumber: aga152aulia.wordpress.com

Gambar C.

Di banyak tempat, khususnya di dekat pantai atau daerah pesisir, air sungai juga digunakan sebagai tempat untuk memelihara ikan, tetapi airnya tercemar.

a. Ceritakan mengapa ikan-ikan di gambar ini mati?

.....

.....

.....

.....

.....

b. Jelaskan akibatnya bagi orang yang memakan ikan dari sungai yang tercemar ini?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Kesimpulan: air yang tercemar tidak bisa lagi mendukung kehidupan, bahkan akan mendatangkan berbagai macam penyakit.

Siswa mendiskusikan bersama di dalam kelas. Dalam **Aktivitas 10** kita telah melihat peran penting berbagai jenis dan tumbuhan, khususnya hutan dalam mengendalikan jumlah air dan membantu memurnikan air tawar untuk mendukung kehidupan.

Coba bayangkan kalau di sekitar kita tidak ada tumbuhan atau hutan. Menurut pendapat kalian, apa yang akan terjadi dengan aliran air dan apa yang dapat kita lakukan untuk mengatasinya?

Guru mengumpulkan jawaban dari siswa dan menulis di papan tulis. Siswa diberi kertas kosong, bagi menjadi dua bagian membujur. Tulis 'masalah-masalah' di kolom kiri, dan usulan jalan keluarnya di kolom kanan.

Kalau hutan tidak ada lagi, masalah yang mungkin akan kita alami	**Jalan keluar yang kami pikir dapat mengatasi masalah ini ….**

Topik 3.

Udara bagi Kelangsungan Hidup

Sasaran: Siswa memahami arti udara, pentingnya udara bersih bagi kelangsungan hidup, sumber-sumber pencemar udara dan pengaruh buruknya bagi kehidupan serta pentingnya tumbuhan dalam membersihkan udara.

Pelajaran terkait: IPA (biologi), Bahasa Indonesia
Keterampilan: Mengamati, bercerita

Pengantar

Manusia dan hewan memerlukan oksigen dari udara yang vital bagi kehidupannya.

Manusia dan hewan bernafas (menghirup oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida) melalui paru-paru. Hewan tertentu juga menggunakan alat bernafas lainnya. Misalnya, ikan bernafas dengan insang dan ular menggunakan kulitnya.

Ketika menghirup oksigen, sebenarnya manusia dan hewan mengisi bahan bakar ke bagian-bagian tubuh agar dapat bekerja. Misalnya, oksigen yang diangkut oleh darah digunakan untuk mencerna (mengolah) makanan yang masuk ke perut sehingga menjadi tenaga untuk menggerakkan bagian-bagian tubuh. Ada ribuan proses yang berlangsung di dalam sel-sel tubuh manusia tanpa kita sadari. Setiap proses ini perlu bahan bakar yaitu oksigen!

Cara tumbuhan bernafas berbeda, yaitu secara pasif melalui sel-sel daun (stomata) yang membuka dan menutup. Peran tumbuhan penting sekali, yaitu melalui zat hijau daun (klorofil) menyerap karbon dioksida dan gas-gas pencemar lainnya yang keluar dari hewan dan manusia. Proses ini disebut fotosintesis (foto = cahaya; sintesis = memadukan) yang berlangsung dengan bantuan sinar matahari dan sebagian besar terjadi selama siang hari.

Fotosintesis mengubah gas (air dan CO_2) menjadi zat gula yang dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk hidup dan juga oleh manusia dan hewan. Namun yang lebih penting lagi, proses ini menghasilkan oksigen yang sangat penting bagi kelangsungan hidup hewan dan manusia. Semakin rindang tumbuhan atau pepohonan, udara di sekitarnya semakin sejuk karena zat pencemar yang ada diserap dan menjadi bersih.

Setiap hari orang dewasa menghirup udara sebanyak 10-20 meter kubik (atau sekitar 5-10 truk tanki air!) atau sekitar 20.000 kali bernafas.

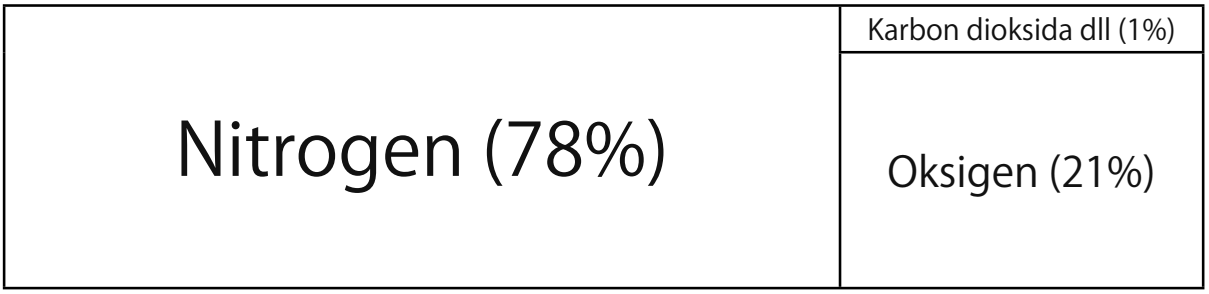
Anak-anak menghirup udara hampir dua kali lipatnya, karena alat penafasannya lebih kecil dan masih dalam tahap perkembangan.

AKTIVITAS 12.

Mengenal gas yang memengaruhi kehidupan

Pengantar

Udara murni, yaitu yang tidak tercemar, sebagian besar terdiri dari gas nitrogen (78%), oksigen (O_2, 21%) dan sisanya sekitar 1% berupa campuran gas, antara lain karbon dioksida (CO_2). Selain itu udara juga mengandung uap air, jumlahnya bervariasi di seluruh dunia sesuai kondisi iklim di sekitarnya. Komposisi udara ini ditunjukkan secara sederhana dalam gambar di bawah ini.



Kalau kita perhatikan gambar di atas, ternyata gas O_2 dan CO_2 yang paling menentukan kelangsungan makhluk hidup. Dalam tubuh manusia dan hewan O_2 berfungsi sebagai bahan bakar untuk mencerna semua makanan yang masuk ke dalam tubuh. Pencernaan ini menghasilkan tenaga bagi kita untuk melakukan berbagai kegiatan, seperti bergerak, pertumbuhan badan, berpikir dll).

Dari keterangan pengantar mengenai udara, mari kita lihat perbedaan antara pernafasan dalam kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan.

1. Apa kesamaan antara hewan dan manusia dalam hal gas yang dibutuhkan untuk bernafas dan gas yang dibuang?

   .....

2. Siapa yang dapat memanfaatkan gas-gas buangan manusia dan hewan?

   .....

3. Perhatikan gambar di sebelah ini.

   .....

	Gas yang dihirup ketika bernafas	**Gas yang dikeluarkan dalam pernafasan**
Manusia		
Hewan		
Tumbuhan		

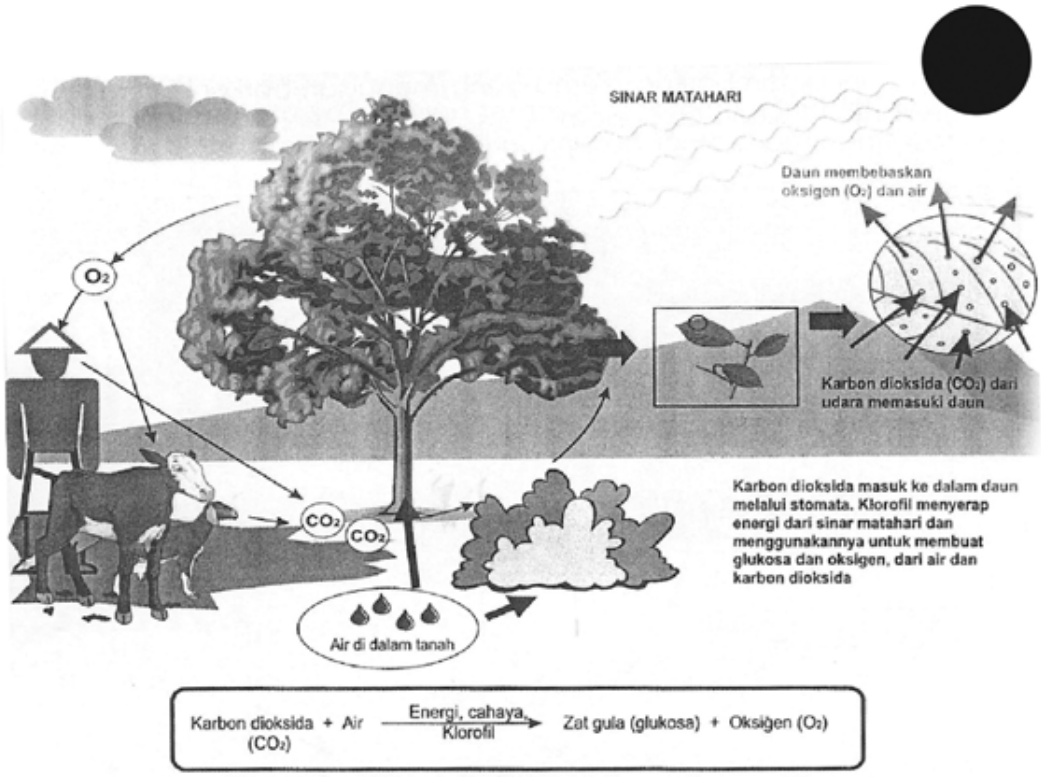


Diagram sederhana proses fotosintesis (Sumber: Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul udara. Hanns Seidel Foundation).

a. Apa bagian daun yang paling penting fungsinya dalam proses mengubah karbon dioksida menjadi oksigen?

.....

b. Jelaskan apa yang kamu ketahui mengenai fotosintesis:

Foto artinya .....

.....

Sintesis artinya .....

.....

Fotosintesis adalah proses .....

.....

c. Apa saja yang dihasilkan tumbuhan dalam proses fotosintesis?

.....

d. Coba ceritakan peran utama tumbuhan dalam menjaga kebersihan udara.

.....

4. Coba bicarakan dengan temanmu, kira-kira apa saja akibatnya jika tidak ada tumbuhan di sekitar kita?

akibat bagi manusia .....

.....

akibat bagi makhluk hidup lainnya .....

.....

akibat bagi lingkungan hidup .....

.....

5. Buat daftar sebanyak mungkin bahan sehari-hari yang kalian pakai dan sumbernya dari tumbuhan.

DRAMA

Perankan drama kecil ini di depan kelas: empat orang siswa berdiri di depan kelas (nomor 1, 2, 3 dan 4).

Bahan:

- 2 kertas atau kardus ukuran besar, masing-masing dengan tulisan besar supaya terlihat oleh seluruh siswa di dalam kelas.
- Kertas 1 '**oksigen**' atau **O_2** dipegang oleh Siswa 1
- Kertas 2 '**karbon dioksida**' atau **CO_2** dipegang oleh Siswa 2
- Beberapa ranting sebagai simbol tumbuhan, dipegang oleh Siswa 3.

Kelas dibagi menjadi tiga kelompok siswa
- 10 orang sebagai 'oksigen'
- 2 orang sebagai 'karbon dioksida'
- sisanya sebagai tumbuhan yang memegang ranting di depan kelas.

Guru: Bertanya kepada Siswa di depan kelas, gas apa yang diperlukan oleh Siswa 1 agar ia bisa hidup sehat?

Siswa semua: (oksigen)

Guru: memberikan kertas bertanda 'oksigen' kepada Siswa nomor 1; 9 siswa dari kelompok oksigen maju bergabung dengan Siswa 1.

Siswa 1 'oksigen' – menghela nafas (menghirup oksigen) – lalu meletakkan kertas 'oksigen'

Guru: Memanggil satu orang dari kelompok Siswa 2 dan bertanya.

Kalau Siswa nomor 2 (sebutkan namanya) bernafas atau kentut, gas apa yang dia keluarkan? Berdasarkan jawaban siswa, guru memberikan kertas bertanda 'karbon dioksida' kepada Siswa 2.

Guru: gas apa yang diperlukan oleh pohon ini agar Siswa nomor 3 yang memegang ranting tetap hidup, lalu menunjuk kepada Siswa Nomor 1 dan 2.

Siswa di kelas: memberi tahu guru, gas apa yang diperlukan oleh pohon. Beberapa orang siswa lainnya dari kelompok 'karbon dioksida' bergabung dengan Siswa Nomor 2.

Guru: gas apa yang dikeluarkan oleh pohon-pohon dan tumbuhan?

Siswa menjawab…. (Siswa kelompok 'oksigen' mengelilingi siswa yang memegang ranting).

Guru: kalau tidak ada pohon (guru menyuruh siswa yang berperan sebagai pohon untuk tidur dan pura-pura mati), apa yang akan terjadi? (misalnya, kepala pusing karena menghirup udara yang buruk, tenggorokan perih)

Guru: kalau tidak ada pohon dari mana kita akan mendapatkan oksigen?
(makanan untuk hewan, dan kalau padi di sawah tidak menghasilkan beras .....)

Murid: memberi berbagai jawaban .....
(guru menuliskan jawaban di papan tulis)

Guru: kalau udara kita banyak karbon dioksidanya, apa yang akan terjadi dengan kita?

Murid: memberi berbagai jawaban .....
(guru menuliskan jawaban di papan tulis)

Guru: apa yang kita bisa lakukan untuk menjaga agar oksigen selalu tersedia bagi kita?

Murid: memberi berbagai jawaban .....
(guru menuliskan jawaban di papan tulis)

Guru: kalau di sekitar kita banyak pohon dan hutannya, gas apa yang kita dapatkan secara cuma-cuma?

Guru: kalau ada banyak pohon di sekitar kita, apalagi hutan yang luas di sekitar tempat kita tinggal, apa saja manfaat yang dapat dirasakan oleh masyarakat dan lingkungan hidup di sekitar kita?

Kesimpulan: Mengingat peran tumbuhan sangat penting bagi kelangsungan alam dan semua makhluk hidup di dalamnya, di mana kita bisa menanam lebih banyak pohon supaya udara tetap bersih?

Tindakan: ajak siswa untuk menanam pohon di sekitar rumah, di halaman sekolah dan di tempat-tempat umum atau **menumbuhkan benih pohon yang kemudian ditanam di halaman sekolah - atau tanaman bunga dan pohon yang mengasilkan buah, naungan, dan keindahan**.

Hutan adalah 'pabrik penghasil oksigen'

Tumbuhan memiliki **klorofil** (zat hijau daun) yang dapat menyerap karbon dioksida (CO_2) dalam proses **fotosintesis** dengan bantuan sinar matahari. Proses ini menghasilkan oksigen. Karenanya, semakin banyak tumbuhan di lingkungan, semakin banyak pula CO_2 dari udara yang diserap dan semakin banyak oksigen yang dihasilkan.

AKTIVITAS 13.
Memahami gas pencemar udara

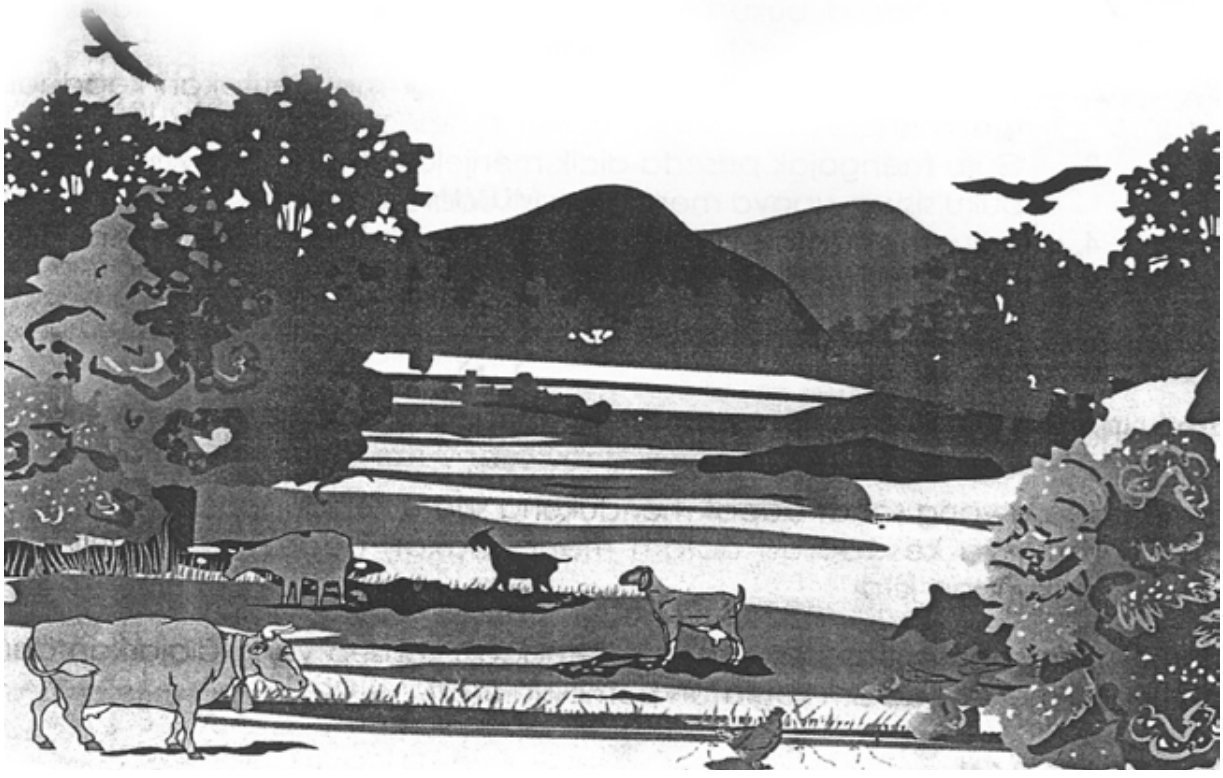
Pengantar

Udara murni dengan susunan gas seperti kita pelajari dalam **Aktivitas 12** jarang kita jumpai sehari-hari. Dengan kata lain, udara yang kita hirup umumnya tercemar atau mengandung gas-gas atau benda padat lainnya yang jumlahnya dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup.

Sumber bahan pencemar ada dua, yaitu sumber alami, seperti debu dan gas sulfur dari letusan gunung api atau dari kebakaran hutan. Namun kebanyakan sumber pencemar adalah kegiatan manusia, seperti pembakaran di pabrik-pabrik, pembakaran sampah dan kayu dari tungku di pedesaan, pembakaran bahan bakar dalam kendaraan bermotor, dan asap rokok.

1. Coba amati dan ceritakan kondisi udara di sekitar desamu. Adakah kegiatan yang mencemari udara. Jika ya, apa saja gas pencemar yang ada?
2. Lihatlah gambar suasana lingkungan desa yang sejuk di bawah ini.

Suasana lingkungan desa yang sejuk (Sumber: Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul udara. Hanns Seidel Foundation).



Diskusikan bersama satu atau dua orang temanmu mengapa udara di lingkungan ini sejuk. Pastikan kamu menjelaskan peran masing-masing bagian dalam gambar, misalnya:

Sinar matahari berfungsi untuk

.....

Pohon dan tumbuhan lain berguna untuk

.....

Hewan berperan untuk

.....

Hal lainnya .....

.....

3. Kalau hutan di sekitar desa itu dibakar, gas pencemar akan dilepaskan ke udara.

   a. Akibat utamanya bagi manusia adalah

   .....

   b. Akibat bagi jemuran pakaian

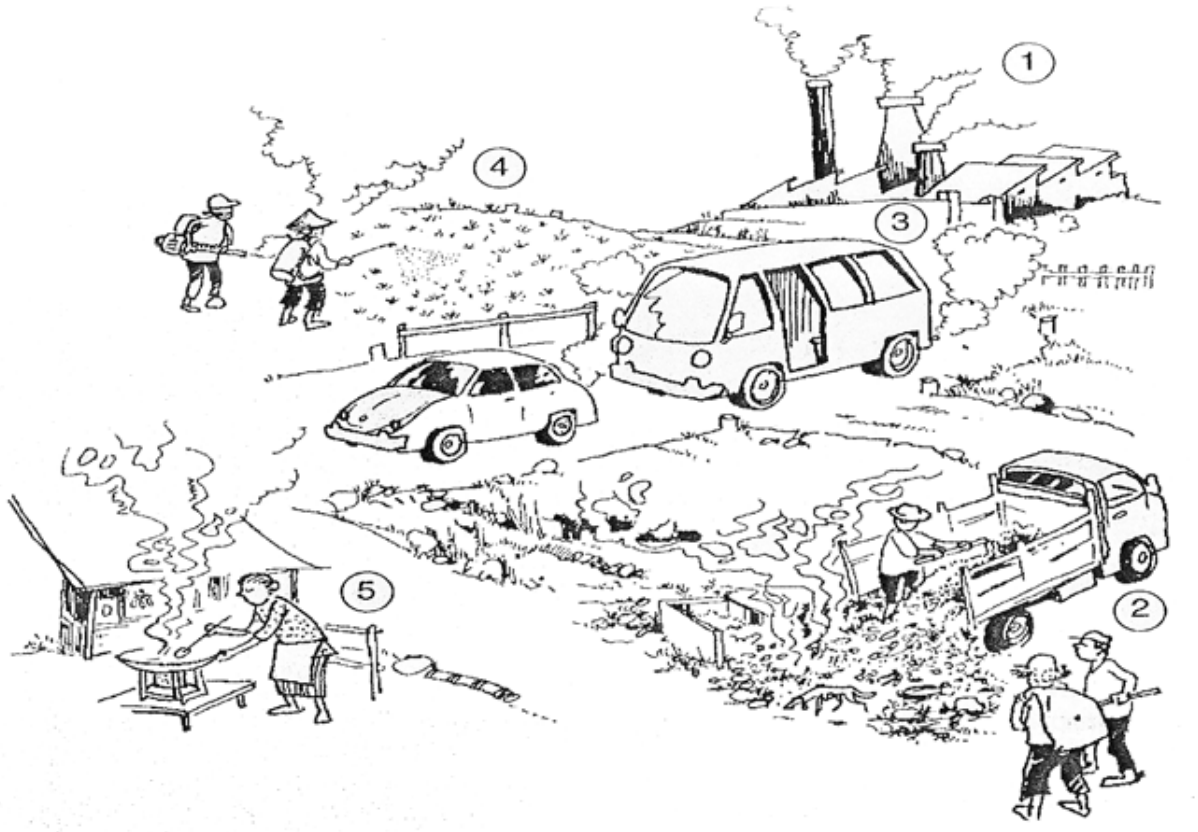
   .....

   c. Akibat bagi kebersihan desa (rumah)

   .....

Gambar di bawah ini memperlihatkan berbagai jenis kegiatan manusia yang mencemari udara. Ketika kita bernafas semua unsur gas di udara, termasuk bahan pencemar dan debu ikut masuk ke dalam tubuh kita.

Berbagai kegiatan manusia yang mencemari udara. (Sumber: Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul udara. Hanns Seidel Foundation).



Jenis kegiatan	Akibatnya bagi manusia dan lingkungan
1. Asap dan debu dari pabrik	
2. Knalpot mobil	
3. Asap kebakaran hutan	
4. Penyemprotan pestisida	
5. Kayu bakar basah untuk memasak	

4. Bersama 2 atau 3 orang temanmu, jelaskan bagaimana masing-masing kegiatan ini mencemari udara di sekitar kita dan apa akibatnya bagi kita dan bagi lingkungan. Keterangan mengenai jenis pencemar di Tabel di bawah ini bisa membantu kamu menjelaskan akibat pencemaran udara.

Tabel di bawah ini berisi ringkasan jenis pencemar yang sumbernya terutama dari pembakaran bahan bakar untuk berbagai kegiatan manusia (singkatan nama ilmiahnya dalam tanda kurung) dan pengaruhnya bagi kesehatan manusia.

Jenis pencemar	Sumber dan pengaruhnya bagi kesehatan
Timbal (Pb)	Dari pembakaran bahan bakar dan dari bahan pelarut cat. Timbal dapat meracuni sistem pembentukan seal darah merah sehingga menyebabkan tubuh kekurangan darah merah (disebut anemia); menganggu perkembangan syaraf pada otak, khususnya anak-anak; menyebabkan tekanan darah tinggi dan gangguan jantung.
Karbon monoksida (CO)	Dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Keberadaan CO dalam tubuh mengurangi kemampuan darah mengangkut oksigen, orang bisa pingsan atau bahkan meninggal akibat kekurangan oksigen di dalam otak. Orang yang sakit jantung akan semakin parah.
Nitrogen oksida (NO_X)	Dari pembakaran bahan bakar dan sumber pencemar alami. Gas ini menimbulkan gangguan pada mata (merah dan berair); sakit tenggorokan dan gangguan hidung, memicu serangan asma, dan menurunkan daya tahan tubuh sehingga mudah terserang kuman penyakit pernafasan.
Sulfur oksida (SO)	Dari debu letusan gunung berapi atau pembakaran arang, minyak bakar gas, dan kayu. Gas ini membuat tenggorokan dan hidung gatal, memperparah penderita asma dan penyakit paru-paru, juga menimbulkan gangguan pada mata (merah dan berair).
Debu	Dari berbagai kegiatan pabrik, misalnya semen, batubara, pengolahan logam dll. Debu di udara yang masuk ke paru-paru dapat menimbulkan gangguan pada sistem pernafasan, mata, tenggorokan dan hidung. Debu asbestos diketahui menyebabkan kanker paru-paru.

AKTIVITAS 14.

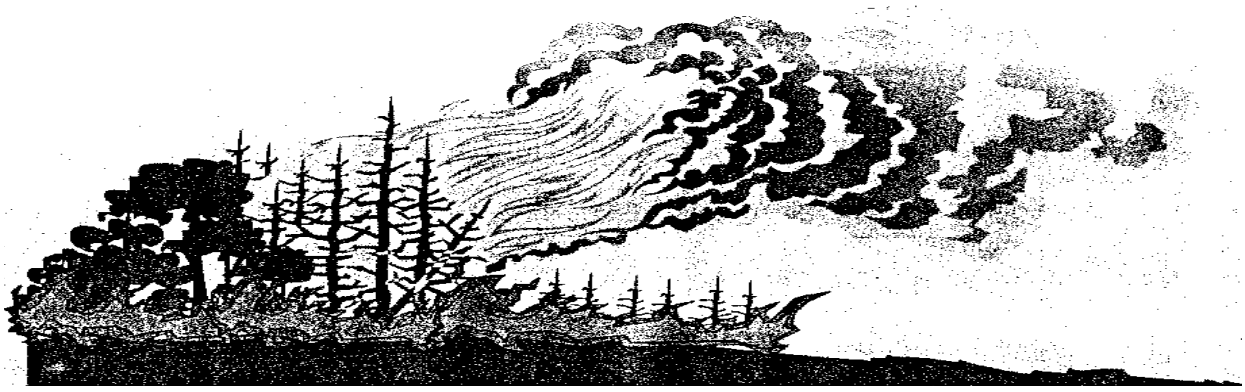
Efek pencemaran udara pada kesehatan

Bahan pencemar di udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui hidung dan jalur pernapasan. Seberapa jauh zat pencemar masuk ke dalam tubuh bergantung pada jenis pencemar. Misalnya, debu kasar tertahan di hidung atau tenggorokan, menyebabkan tenggorokan gatal atau mata perih. Namun bahan pencemar yang lebih halus dapat mencapai paru-paru, diserap dan diedarkan oleh darah sampai ke seluruh tubuh.

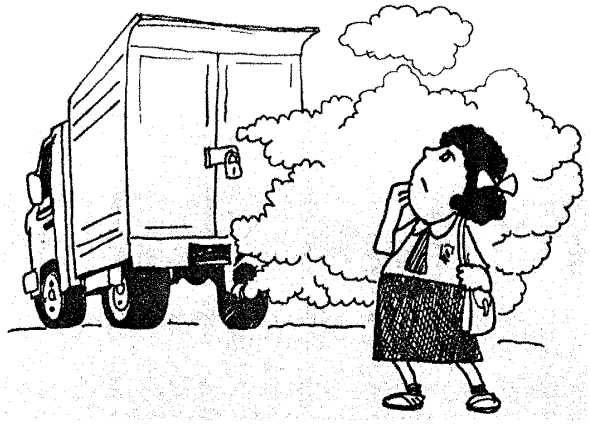
Di tempat-tempat yang ditunjukkan dalam gambar berikut ini, apa perasaan dan reaksi tubuh kamu ketika menghirup udara di masing-masing tempat ini?

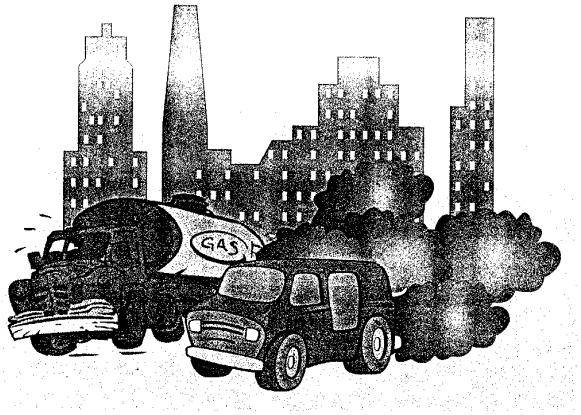
1. Di hutan yang terbakar, asap kebakaran dan debunya membuat saya merasa .....
   .....
   Bagian tubuh saya (sebutkan) terasa .....
   .....

2. Di sekitar tempat penampungan sampah, saya merasa .....
   Bagian tubuh saya (sebutkan) terasa .....
   .....



3. Di jalan yang penuh asap mobil dan truk, asap hitam pekat dan baunya membuat saya merasa .....
Bagian tubuh saya (sebutkan) terasa .....
.....





4. Di ruangan yang pengap dan di sekitar orang yang merokok,
saya merasa .....
Bagian tubuh saya (sebutkan) terasa .....
.....

Apa yang bisa kamu lakukan untuk menghindari atau mengurangi pengaruh pencemaran udara dalam kehidupanmu sehari-hari?

Kalau kita tinggal di lingkungan yang udaranya tercemar, tubuh kita cenderung mudah terserang penyakit daripada orang yang hidup di lingkungan yang udaranya bersih. Gangguan kesehatan yang umum dijumpai adalah infeksi saluran napas atas (ISNA), di antaranya, asma, bronkitis, dan gangguan pernapasan lainnya. Debu dari kegiatan penambangan logam atau semen, atau asbestos dari bahan bangunan dikenal sebagai penyebab kanker paru-paru.

Topik 4.

Keanekaragaman Hayati sebagai Fondasi Pembangunan

Sasaran: siswa memahami arti keanekaragaman hayati, khususnya di hutan tropis dan perannya dalam keberlanjutan pembangunan.

Pelajaran terkait: IPA, Bahasa Indonesia.

Keterampilan: Mengamati, menulis, bercerita.

Pengantar

Keanekaragaman hayati mungkin merupakan istilah yang relatif baru dalam ilmu pengetahuan alam. Beberapa hari sebelum aktivitas ini dilaksanakan guru memberi tugas kepada siswa untuk mengumpulkan gambar dari koran/majalah mengenai keragaman tumbuhan dan hewan di lingkungan sekitar mereka.

Jika bahan dari koran/majalah tidak ada, siswa dapat diminta untuk menggambar atau membuat daftar tumbuhan atau hewan yang mereka lihat atau amati dalam kehidupan sehari-hari.

Di awal pembahasan topik ini siswa dapat membagikan hasil pengamatan mereka kepada anggota kelas. Guru menulis di papan tulis daftar tumbuhan atau hewan yang mereka catat dari hasil pengamatan masing-masing.

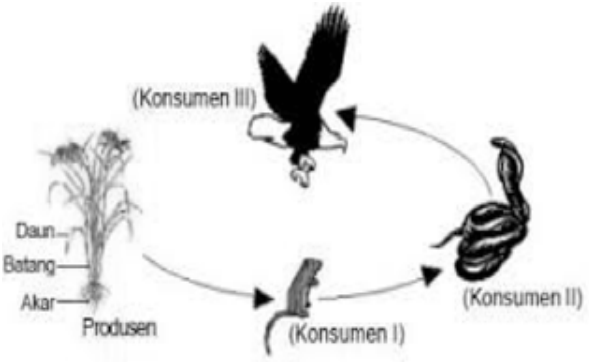
Murid mencatat daftar yang ada di papan tulis di buku atau kertas masing-masing karena daftar ini akan digunakan lagi dalam **Aktivitas 15.**

Kemudian setelah papan tulis penuh dengan informasi, berikan kesempatan kepada siswa untuk memberikan komentar dan pendapat atau kesan mereka dengan daftar yang mereka lihat – dan menyatakannya dengan satu kata. (Kemungkinan kata yang akan muncul – 'beragam', 'macam-macam' atau kata-kata lain yang menggambarkan kesan siswa atas hasil temuan mereka).

Setelah itu, guru menjelaskan arti istilah **keanekaragaman hayati** (KH). Istilah ini dibentuk oleh dua kata: 'keanekaragaman' yang berarti bermacam-macam dan 'hayati' yang berarti hidup. Dengan demikian KH adalah keragaman makhluk hidup yang terdapat di alam.

Jika alam diibaratkan seperti bangunan rumah, keanekaragaman hayati adalah fondasi utama yang mendukung semua kegiatan yang berlangsung di alam sehingga kehidupan di dalamnya dapat terus berlangsung. Karena itu arti, peran atau manfaat KH perlu dipahami semua orang.

Dua hal terpenting mengenai KH yang perlu dipahami adalah **unsur-unsurnya**. Semakin beragam unsur alam, semakin kokoh kemampuannya menghasilkan barang dan jasa yang dibutuhkan oleh makhluk hidup. Hal kedua yang sangat penting adalah **berbagai interaksi** antara **satu unsur dengan unsur-unsur lainnya** dan antara unsur dengan lingkungan hidupnya.

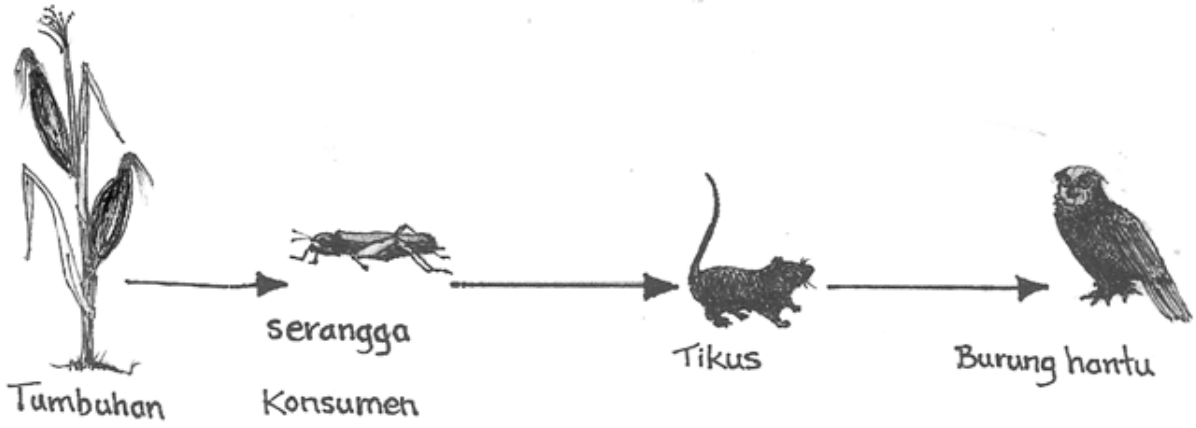


Unsur KH terdiri dari hewan, tumbuhan, dan **jasad renik**. Keragaman atau variasi dalam setiap unsur KH dapat terlihat dari bentuk atau penampilan. Penampilan atau sifat yang berbeda ini terlihat dalam berbagai tingkatan atau skala biologis, yaitu pada tingkat **genetis**, **spesies**, dan **ekosistem**. (lihat **Glosarium** untuk keterangan kata-kata yang dicetak tebal).

Bentuk interaksi KH dikelompokkan menjadi tiga: **Produksi**, **Konsumsi**, dan **Penguraian** (dekomposisi) atau penguraian limbah atau sampah yang dihasilkan oleh kegiatan produksi dan konsumsi (lihat Bab 7.2).

Suatu proses interaksi yang melibatkan produksi, konsumsi dan penguraian disebut "**rantai makanan**." Umumnya di dalam suatu ekosistem sering berlangsung beberapa rantai makanan yang berlangsung secara serempak, yang keseluruhannya disebut "**jaring-jaring kehidupan**." Tiga proses interaksi keanekaragaman hayati yang terpenting:

1. Produksi - Tumbuhan sering disebut produsen (penghasil) utama (lihat gambar di bawah) karena kemampuan zat hijau daun untuk melakukan fotosintesis, yaitu mengubah gas seperti karbon dioksida menjadi zat gula dan oksigen.
2. Konsumsi - Hasil proses produksi pertama oleh tumbuhan itu dimakan atau dikonsumsi oleh berbagai jenis makhluk hidup, termasuk manusia (disebut konsumen). Misalnya, burung memakan biji-bijian dan buah dari pohon; tanaman dimakan oleh ayam, atau rumput yang tumbuh segar dimakan oleh kambing, lalu daging atau ayam dimakan oleh manusia. Semua makhluk hidup yang pertama memakan bagian tumbuhan disebut Konsumen 1. Selanjutnya, hewan kecil dimakan oleh hewan lain yang lebih besar,

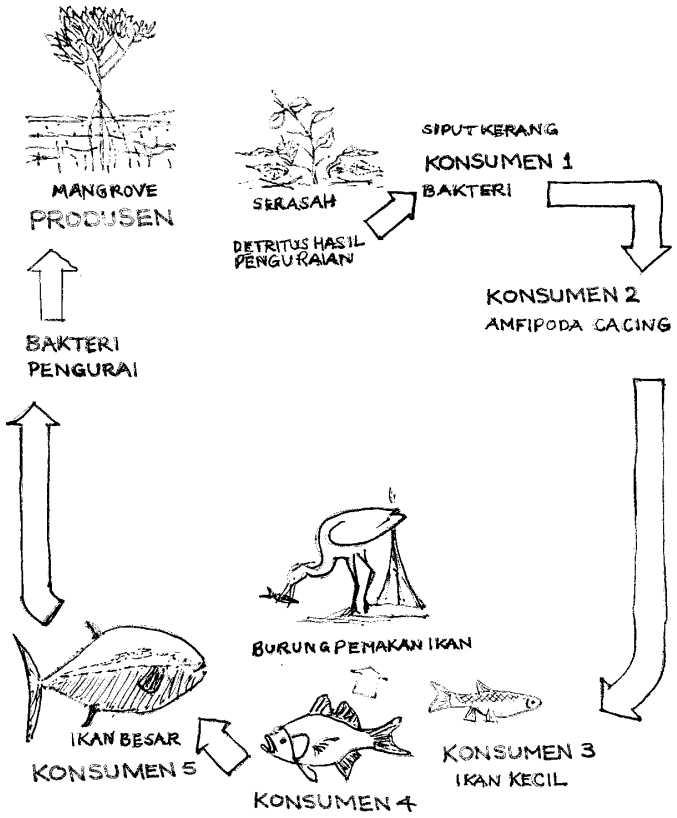


yang disebut Konsumen 2 dan seterusnya.

3. Penguraian (dekomposisi dan pembusukan) – kedua proses di atas menghasilkan limbah atau sampah. Dengan bantuan panas dari sinar matahari dan udara yang lembab, sampah dan berbagai bahan organik membusuk. Pembusukan dan penguraian limbah yang dihasilkan oleh hewan dan manusia ini dilakukan oleh jasad renik dan fauna tanah. Hara hasil penguraian lalu dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhan, dan akhirnya berguna untuk hewan dan manusia.

Arti masing-masing peranan ini dijelaskan lebih lanjut dalam **Aktivitas 18**.

Dua gambar di bawah ini menunjukkan contoh rantai makanan sederhana yang berlangsung di kebun dan di ekosistem mangrove. Ekosistem mangrove umumnya berada di daerah pantai yang selalu atau secara teratur tergenang pasang surut air laut. Kondisi lingkungan seperti ini menyediakan habitat bagi hewan dan tumbuhan yang unik, karena mereka harus mampu menyesuaikan diri dengan lingkungan yang tanah dan airnya agak asin.



Melalui beragam interaksi tersebut, KH berguna bagi kehidupan di bumi melalui empat cara: **Menopang** (proses pembentukan tanah, siklus gas, siklus air)**, Menyediakan** (makanan, bahan obat dan jasa lingkungan)**, Mengendalikan** (pencemaran, hama dan penyakit) dan **Memperkaya** (budaya, penelitian, rekreasi).

AKTIVITAS 15.

Memahami arti keanekaragaman hayati

Pengantar

Sebelum kegiatan bersama siswa dilakukan, guru menjelaskan lebih dulu dari bahan pengantar dari Bab 7 dan dari bahan pengantar di atas. Pengertian yang perlu ditekankan:

1. Arti kata keanekaragaman hayati
2. **Unsur** KH dan **interaksi**
3. **Produksi**, **Konsumsi** dan **Penguraian**

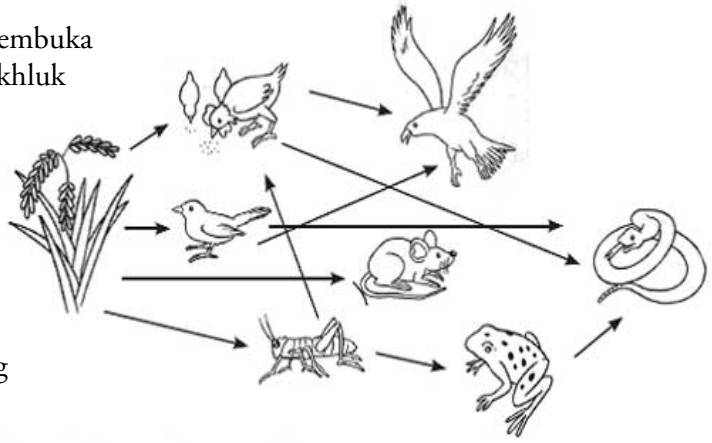
Kemudian guru meminta siswa untuk membuka catatan mereka mengenai keragaman makhluk hidup yang sudah mereka catat dalam kegiatan sebelumnya.

Berikan contoh gambar rantai makanan sederhana di halaman sebelumnya (tumbuhan dimakan oleh belalang atau serangga lainnya, serangga dimakan tikus dan tikus dimakan burung hantu).

Siswa (bisa perorangan atau berpasangan atau bertiga) diberi tugas untuk memilih salah satu tumbuhan apa saja yang mereka ketahui untuk menjadi awal dari rantai makanan, lalu menuliskan siapa yang kemudian memakannya. Contoh gambar di bawah ini dapat dibuat vertikal. Siswa juga dapat menunjukkannya dengan gambar.

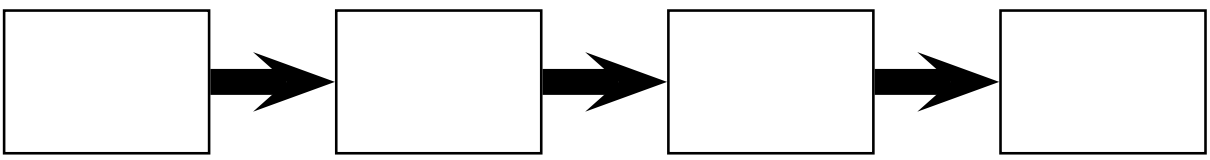
Guru dapat berkeliling kelas untuk melihat aktivitas siswa melakukan tugas ini. Beri pujian untuk kreativitas siswa, khususnya dalam menjelaskan dengan gambar atau dengan cerita.

Setelah sebagian besar siswa menyelesaikan tugas di atas, pilih beberapa contoh rantai makanan dan kembangkan di depan kelas untuk memperlihatkan jaring-jaring kehidupan seperti dalam contoh di bawah ini.



Dalam gambar ini butir padi tidak hanya dimakan oleh burung, tetapi juga oleh ayam dan tikus. Daun padi juga dimakan oleh belalang. Hewan-hewan yang memakan padi ini kemudian dimakan oleh hewan lain.

Siswa atau kelompok siswa yang sudah selesai menggambarkan rantai makanan dan jaring-jaring kehidupan dapat menjawab pertanyaan



di bawah ini yang bisa dibagikan oleh guru. Kalau bahan tidak bisa diperbanyak, guru dapat meminta anak-anak berhenti dan melanjutkan kegiatan berikut:

Guru membacakan masing-masing pertanyaan 1 sampai 7 di depan kelas agar siswa dapat menjawab dengan baik.

Setiap siswa diminta menuliskan angka 1 sampai 7 di atas kertas, lalu ketika menjawab pertanyaan yang dibacakan oleh guru, mereka menulis huruf jawaban A, B atau C sesuai dengan pilihannya di sebelah kanan angka 1 sampai 7.

Setelah selesai menjawab pertanyaan, masing-masing siswa menyerahkan jawabannya kepada siswa lain di sebelah kiri atau kanannya. Kemudian guru membacakan pertanyaan-pertanyaan satu persatu dan siswa memeriksa jawaban yang tertulis di kertas milik siswa lain.

1. Apakah keanekaragaman hayati itu?
   a. Hewan liar yang hidup di hutan.
   b. Berbagai jenis makhluk hidup yang terdapat di beragam ekosistem di planet Bumi.
   c. Hewan yang berada di kebun hewan atau tumbuhan yang ada di kebun raya.

2. Mengapa keanekaragaman di antara makhluk hidup sangat penting?
   a. Karena tanpa keragaman maka alam dan lingkungan akan sangat membosankan.
   b. Karena kalau ada serangan penyakit, tidak semua makhluk hidup akan mati.
   c. Semua jawaban di atas, karena berbagai interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungan hidup merupakan syarat utama agar kehidupan di alam dapat berjalan baik dan terus berlanjut.

3. Mengapa kita perlu melestarikan keanekaragaman hayati?
   a. Keanekaragaman hayati menyediakan sumber makanan yang kita sukai.
   b. Keanekaragaman hayati menyediakan semua kebutuhan hidup kita.
   c. Supaya hutan tetap banyak pohon dan kita bisa menebangnya untuk bahan bangunan.

4. Pulau Sulawesi memiliki keanekaragaman hayati yang unik di dunia. Apa sebabnya?
   a. Sejarah alamnya selama jutaan tahun terpisah dari benua Asia dan Australia.
   b. Pulaunya kecil, penduduknya sedikit dan hutannya tidak banyak.
   c. Karena kekayaan budaya masyarakat penghuninya.

5. Arti kata 'endemik', dalam kalimat "Babirusa adalah hewan **endemik** Sulawesi" adalah:
   a. Babirusa terdapat di mana saja di dunia.
   b. Babirusa hanya ada di satu tempat saja di seluruh dunia, yaitu P. Sulawesi.
   c. Babirusa adalah hewan yang terancam punah karena hutan berkurang.

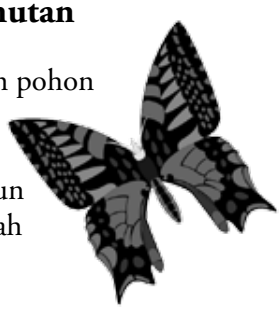
6. Keanekaragaman hayati menghadapi banyak ancaman di Indonesia, karena:
   a. Beragam ekosistem dan habitat di mana mereka hidup terus berkurang.
   b. Dipanen terus, tanpa ada tindakan pemulihan, misalnya pohon atau satwa liar di hutan.
   c. Kedua hal tersebut termasuk bentuk ancaman utama bagi keanekaragaman hayati.

7. Kita bisa ikut melestarikan keanekaragaman hayati di Gorontalo melalui:
   a. Ikut kegiatan gotong-royong memulihkan lahan kritis, seperti kegiatan penghijauan.
   b. Menolak memakan daging dari satwa liar dan menanam tanaman di halaman yang disukai lebah dan serangga lainnya.
   c. Kedua bentuk kegiatan tersebut adalah peran serta aktif yang perlu terus digalakkan.

AKTIVITAS 16.

Mengenal aneka warga hutan tropis[1]

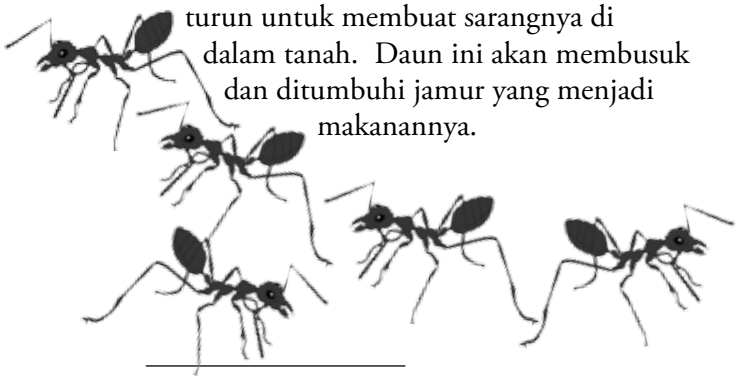
A. Di lapisan tajuk hutan



Menjulang tinggi di lapisan pohon hutan teratas, udara selalu hangat karena pancaran sinar matahari. Di sana daun selalu hijau, bunga dan buah selalu ada.

Bajing, monyet dan kalong atau kelelawar menghuni lapisan ini, begitu juga kadal atau bunglon yang mencari makan dan berjemur di sini. Di mana saja ada kerimbunan dedaunan, pasti banyak ulat yang menetas sebagai kupu-kupu yang indah dan berwarna-warni.

Semut merah pun bisa mencapai puncak pohon tertinggi, mengambil daun dan membawanya turun untuk membuat sarangnya di dalam tanah. Daun ini akan membusuk dan ditumbuhi jamur yang menjadi makanannya.



Di atas tajuk hutan burung elang melayang, mencari mangsa anak dan telur burung di dalam sarang, tikus dan bahkan anak monyetpun bisa diterkamnya.

Buah-buahan lezat di puncak pohon di hutan menyediakan makanan utama bagi kalong, bajing, burung nuri, rangkong (alo) dan banyak jenis burung hutan lainnya.

Bacalah pernyataan-pernyataan di bawah ini, menurut kamu masing-masing isinya benar atau salah. Berilah tanda silang di kolom yang tersedia. Seandainya informasinya tidak cukup untuk membantu kamu menjawabnya, berikan tanda centang dalam kolom 'Tidak tahu'.

[1] Untuk aktivitas ini bahan bisa diperbanyak dan dibagikan kepada siswa. Jika hal ini tidak memungkinkan, guru bisa membacakan di depan kelas dan menuliskan daftar pertanyaan di papan tulis dan siswa bisa secara bergilir menjawab pertanyaan masing-masing.

	Benar	Salah	Tidak tahu
1. Di atas tajuk hutan yang menjulang tinggi udaranya selalu hangat.			
2. Kalong memakan buah di hutan dan menggunakan pohon yang tinggi untuk bertengger dan tidur di siang hari.			
3. Bunglon dan kadal suka berjemur di puncak pohon.			
4. Bunglon adalah kadal yang bisa mengubah warna tubuhnya sesuai dengan warna lingkungan sekitarnya.			
5. Kupu-kupu lebih suka bertelur di puncak pohon karena aman dari pemangsa telur-telurnya.			
6. Semut merah mencari makan di puncak pohon.			
7. Semut memakan cairan bunga (nektar) yang manis.			
8. Burung elang disebut predator karena memakan hewan lain yang lebih kecil.			
9. Batang pohon di hutan biasanya menjadi tempat hidup bagi banyak tumbuhan merambat lainnya.			

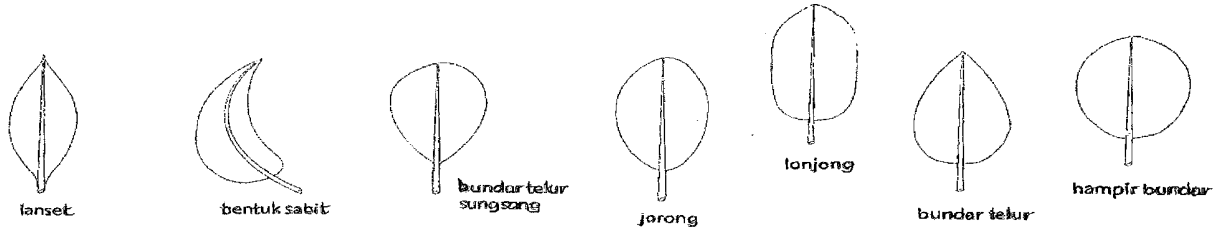
Sekarang cobalah tanyakan kawanmu dua pertanyaan tentang kehidupan di puncak pohon hutan di Gorontalo.

1. *Pertanyaan* .....
   .....
   Jawaban .....
   .....

2. *Pertanyaan* .....
   .....
   Jawaban .....
   .....

Coba sebutkan sebanyak mungkin nama hewan apa saja yang kamu ketahui hidup atau menggunakan puncak pohon hutan Gorontalo sebagai tempat hidupnya

Nama	Jenis hewan			
	burung	serangga	reptilia	lainnya



Mengenali bentuk daun dan permukaan batang pohon. Tugas ini bisa diberikan beberapa hari sebelum Aktivitas 16 ini berlangsung.

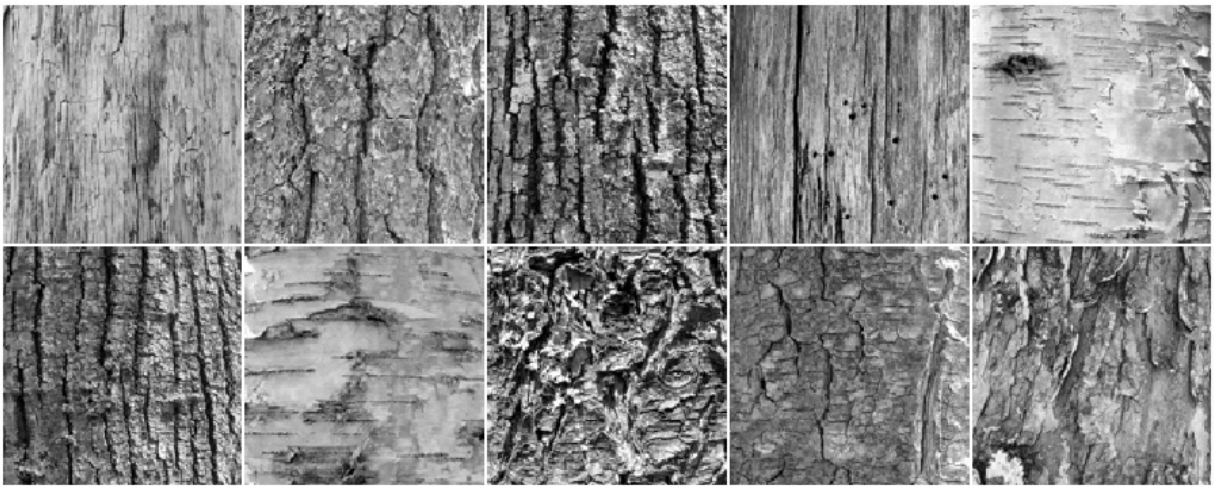
1. Masing-masing siswa mencari daun dari sepuluh tumbuhan yang berbeda, kenali nama bentuk daunnya dan tempelkan pada kertas atau di dalam buku tulis. Bandingkan dengan bentuk umum daun dalam gambar di atas ini

2. Gambar di bawah ini menunjukkan keragaman permukaan batang pohon. Carilah paling sedikit lima jenis pohon di sekitar rumah yang bentuk permukaan batangnya berbeda. Ambil kertas kosong, tempelkan pada setiap batang, dan gosokkan arang atau pensil untuk memperlihatkan jenis permukaannya (halus, kasar, dll). (Siswa yang paling banyak mengumpulkan jenis permukaan batang yang berbeda diberi kehormatan untuk memajang hasil karyanya di kelas)

B. Pemburu dan pemangsa di hutan tropis

Hewan predator atau pemangsa harus menangkap dan membunuh mangsanya agar bisa makan dan terus bertahan hidup. Mereka harus mengincar calon mangsanya lebih dulu, menanti, menguntit dan akhirnya menyerang dan menaklukkannya. Semua langkah ini membutuhkan indera yang tajam.

Hewan pemburu di siang hari harus memiliki kemampuan melihat yang tajam dan cermat untuk menemukan mangsanya. Hewan pemburu yang aktif di malam hari (disebut hewan nokturnal) harus memiliki indera pencium dan pendengaran atau kemampuan untuk mendeteksi getaran yang timbul karena gerakan hewan lain di sekitar mereka. Hewan-hewan calon mangsanya juga lincah untuk menahan atau menghindari serangan pemangsa dan membuat mereka kelaparan. Mari kita lihat beberapa contohnya.



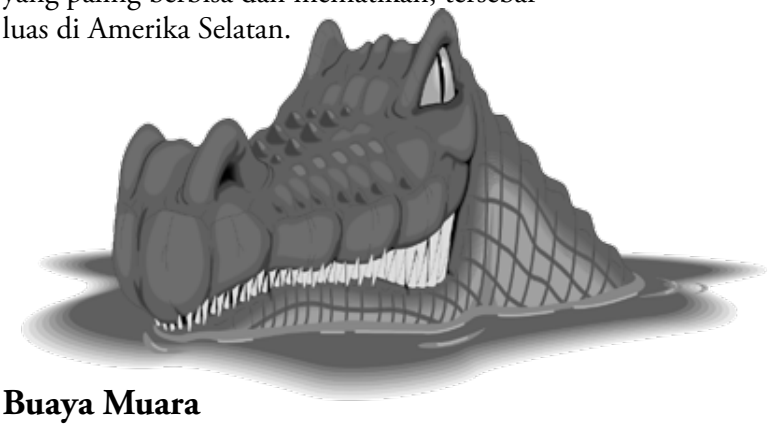
Laba-laba Tarantula

Laba-laba adalah sejenis hewan berbuku-buku dengan *dua bagian tubuh, empat pasang kaki*, tak bersayap dan tak memiliki mulut pengunyah. Di seluruh dunia ada sekitar 40.000 jenis yang sudah dikenal. Namun hanya sekitar 200 jenis berbisa yang gigitannya membahayakan manusia atau mematikan mangsanya, melalui suntikan racun dari taringnya. Racun ini biasanya menghancurkan bagian dalam tubuh mangsa, yang kemudian dapat disedot oleh laba-laba selama berjam-jam hingga mangsanya mengering. Laba-laba memiliki rahang dan taring yang sangat kuat untuk meremuk tubuh mangsanya.

Mangsa utama laba-laba adalah serangga. Kebanyakan laba-laba adalah penyergap. Mereka menanti mangsa lewat di dekatnya sambil bersembunyi di balik daun, lapisan daun bunga, celah bebatuan, atau lubang di tanah. Beberapa jenis memiliki pola warna yang menyamarkan tubuhnya di atas tanah, batu atau kulit pohon, sehingga tak terlihat oleh mangsanya.

Tidak semua laba-laba membuat jaring untuk menangkap mangsa, tapi semuanya mampu menghasilkan benang sutera dari bagian belakang tubuhnya. Serat sutera ini amat berguna untuk membuat jaring yang membantu gerakan laba-laba, berayun dari satu tempat ke tempat lain, menjerat mangsa, membuat kantung telur, dan melindungi lubang sarangnya. Begitu ada serangga terperangkap jaring, laba-laba segera mendekat dan menusukkan taringnya kepada mangsa untuk melumpuhkan tubuh mangsanya. Laba-laba pemburu biasanya lebih aktif, menjelajahi pepohonan, sela-sela rumput, atau permukaan dinding berbatu. Mereka dapat mengejar dan melompat untuk menerkam mangsanya.

Kebanyakan penglihatan laba-laba tidak begitu baik, bahkan laba-laba penghuni gua ada yang buta. Untuk menandai kehadiran mangsa, mereka mengandalkan getaran, baik pada jaring-jaring suteranya maupun pada tanah, air, atau tempat hinggapnya. Indera peraba laba-laba terletak pada rambut-rambut di kakinya. Mereka mampu membungkus tubuh mangsanya dengan lilitan benang sutera, terutama kalau mangsanya bisa membela diri, seperti lebah yang bisa menyengat. Tarantula adalah jenis laba-laba yang paling berbisa dan mematikan, tersebar luas di Amerika Selatan.



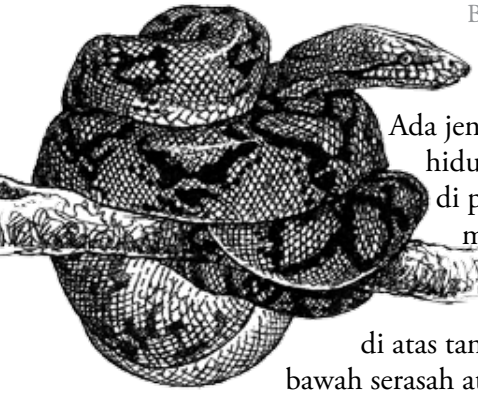
Buaya Muara

Buaya muara mungkin merupakan pemangsa terbesar di perairan tawar. Bahkan buaya berukuran kecilpun dapat mengalahkan hewan besar atau manusia yang mendekati sungai tempat hidupnya. Mereka lihai bersembunyi dan kegesitannya mendadak menyerobot mangsanya dengan moncongnya yang panjang dan sangat kuat. Sebelum disantap, mangsa itu kemudian ditenggelamkan ke dalam air sampai mati.

Ular

Ular merupakan salah jenis hewan melata yang ada di mana saja; dari laut sampai ke gunung.

Sebagai pemangsa, makanan ular adalah ikan, kodok, berudu, dan telur ikan. Ular pohon dan ular darat memakan burung, kodok dan kadal termasuk telur-telurnya. Ular besar seperti ular sanca dapat memangsa kambing, kijang, dan rusa. Mangsanya ditelan bulat-bulat tanpa dikunyah, giginya hanya berfungsi untuk memegang mangsanya agar tidak terlepas.



Ada jenis ular yang sepanjang hidupnya berkelana di pepohonan tanpa menginjak tanah. Sementara jenis lainnya hidup melata di atas tanah atau menyusup di bawah serasah atau bebatuan. Ada juga ular yang hidup di perairan. Ular sering berjemur untuk menghangatkan tubuh dan melancarkan pencernaan.

Jenis ular tertentu, seperti ular sanca, membunuh mangsanya dengan melilitnya hingga tak bisa bernapas. Sedangkan ular berbisa melumpuhkan sistem saraf pernapasan dan jantung atau merusak peredaran darah dalam beberapa menit saja.

Kurangnya pengetahuan tentang sifat-sifat dan bahaya ular sering membuat orang benci, takut atau jijik terhadap ular. Sesungguhnya ketakutan itu kurang beralasan karena kasus gigitan ular sangat jarang dibandingkan dengan kasus kecelakaan di jalan raya, atau kasus penyakit akibat gigitan nyamuk.

Selama ribuan tahun ular dimanfaatkan oleh manusia. Ular kobra yang amat berbisa dan ular sanca pembelit kerap digunakan dalam sirkus. Empedu, darah dan daging beberapa jenis ular dianggap sebagai obat berkhasiat tinggi, dan kulit beberapa jenis ular berharga mahal sebagai bahan sepatu dan tas. Ribuan sampai jutaan helai kulit ular tertentu (jenis sanca, karung, dan anakonda) diperdagangkan di seluruh dunia.

Sekarang ular semakin jarang, karena penangkapan dan karena kerusakan habitatnya. Ular berperan penting dalam mengontrol populasi tikus di sawah dan kebun. Karena itu tidak heran kalau banyak sawah padinya rusak dilanda gerombolan tikus sehingga petani setempat perlu melepaskan ular sawah dan melarang pemburuan ular di desanya.

Indera andalan ular adalah sisik perutnya, yang dapat menangkap getaran langkah manusia atau hewan lainnya. Indera mata dan telinga ular tidak tajam, hanya dapat melihat jelas dalam jarak dekat saja. Karena itu kita tidak perlu takut pada ular karena ular sendiri gerakannya lamban dan akan lari menghindar ketika berpapasan dengan manusia.

Bacalah pernyataan-pernyataan di bawah ini, menurut kamu masing-masing isinya benar atau salah? Berilah tanda silang di kolom yang

	Benar	**Salah**	**Tidak tahu**
1. Laba-laba sangat tajam penglihatannya, mereka membunuh mangsanya melalui air kencingnya.			
2. Laba-laba umumnya adalah sahabat manusia.			
3. Laba-laba tarantula ada di hutan Nantu.			
4. Semua jenis laba-laba bisa membuat jaring.			
5. Indera terpenting bagi laba-laba adalah rambut kakinya.			
6. Buaya muara sangat sabar bersembunyi menanti mangsanya lengah.			
7. Ular sangat banyak manfaatnya bagi manusia dan lingkungan.			
8. Makanan utama ular adalah tumbuhan dan buah.			
9. Ular sering berjemur karena termasuk hewan berdarah dingin.			
10. Ular menggunakan bisa untuk melumpuhkan saraf mangsanya secara cepat.			
11. Jumlah ular sawah yang terus menurun sangat merugikan petani.			

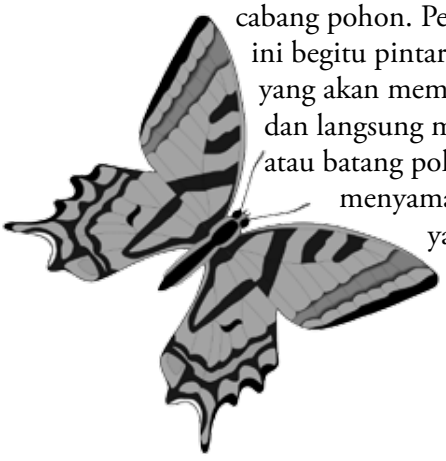
tersedia. Seandainya informasinya tidak cukup untuk membantu kamu menjawabnya, berikan tanda centang dalam kolom 'Tidak tahu'.

Sekarang cobalah tanyakan kawanmu tiga pertanyaan tentang hewan pemangsa yang ada di hutan Gorontalo.

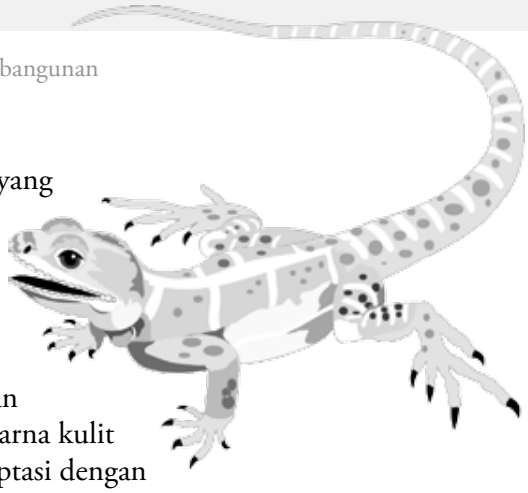
1. *Pertanyaan* .....
   .....
   Jawaban .....
   .....
2. *Pertanyaan* .....
   .....
   Jawaban .....
   .....
3. *Pertanyaan* .....
   .....
   Jawaban .....
   .....

C. Bentuk penyamaran dan peringatan di hutan tropis

Hewan menyamar diri untuk menghindari dimangsa oleh hewan lainnya atau untuk mendapatkan mangsa. Biasanya warna kulit hewan berganti menyerupai obyek di sekitarnya sehingga menjadi tersamar atau mengelabui pemangsanya.

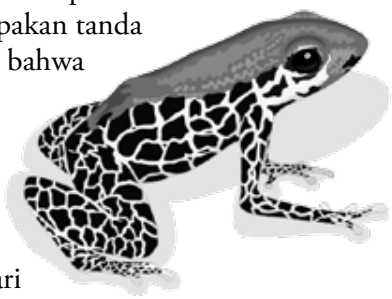


Bentuk penyamaran dikenal dengan istilah 'mimikri'. Contohnya, serangga batang yang menyerupai ranting seperti daun, batang, dan cabang pohon. Penyamaran oleh serangga ini begitu pintar, sehingga burung-burung yang akan memangsanya tidak melihat dan langsung mengorak-arik lantai hutan atau batang pohon. Ketika serangga yang menyamar terbang, burung lain yang menikmati hasilnya.

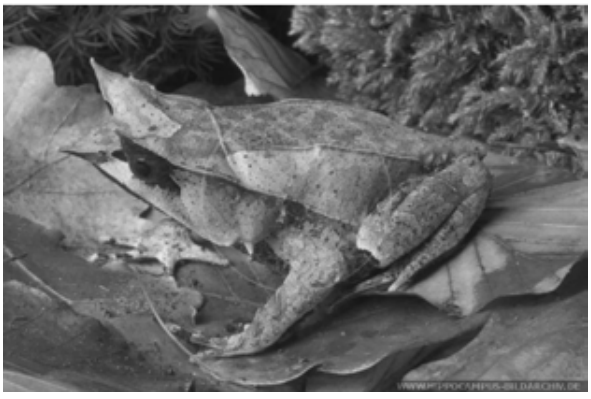


Biasanya hewan yang bisa menyamar tidak memiliki senjata yang kuat untuk melumpuhkan musuh. Kelebihan mereka adalah warna kulit yang bisa beradaptasi dengan lingkungannya.

Banyak jenis kupu-kupu berwarna cerah mencolok dan indah dipandang mata. Namun warna cerah ini sebenarnya adalah cara pertahanan untuk memberi peringatan kepada hewan pemangsanya bahwa rasanya tidak enak atau bahkan beracun. Warna cerah pada katak pohon atau kodok juga merupakan tanda peringatan bagi pemangsanya bahwa tubuhnya beracun.



Ekor bunglon panjangnya hampir lima kali panjang tubuhnya. Ekornya dapat dipatahkan untuk menghindari pemangsa dan akan tumbuh kembali. Bunglon aktif di atas pohon dan dapat menyamar dengan mengubah warna kulitnya serupa dengan warna lingkungan sekitarnya, khususnya kalau terkejut atau sedang berkelahi. Kemampuan ini bersumber dari bagian atas kulitnya mengandung zat melanin, yang dapat mengubah warna kulit bunglon dengan cepat sesuai warna di lingkungan sekitarnya.



	Benar	Salah	Tidak tahu
1. Penyamaran atau kamuflase adalah cara hewan melindungi diri dari pemangsanya.			
2. Hewan tertentu menggunakan warna cerah sebagai peringatan bagi mangsanya.			
3. Bunglon mengubah warna kulitnya supaya bebas mencari serangga.			
4. Burung menyukai kupu-kupu yang warnanya cerah sebagai makanannya			
5. Bunglon dan kadal lainnya mematahkan ekornya untuk mengelabui lawan.			
6. Bunglon paling suka mencari makan di lantai hutan.			
7. Warna cerah pada katak adalah untuk menarik lawan jenisnya.			
8. Bunglon berkembang biak dengan melahirkan anak.			
9. Katak pohon berwarna cerah disukai oleh burung pemangsa.			

Katak bertanduk panjang dari Kalimantan ini memiliki otot kaki kekar dan pintar menyamar di atas dedaunan kering dan batang pohon untuk menanti mangsanya yang lewat. Hal serupa dilakukan oleh bunglon, belalang sembah dan serangga batang.

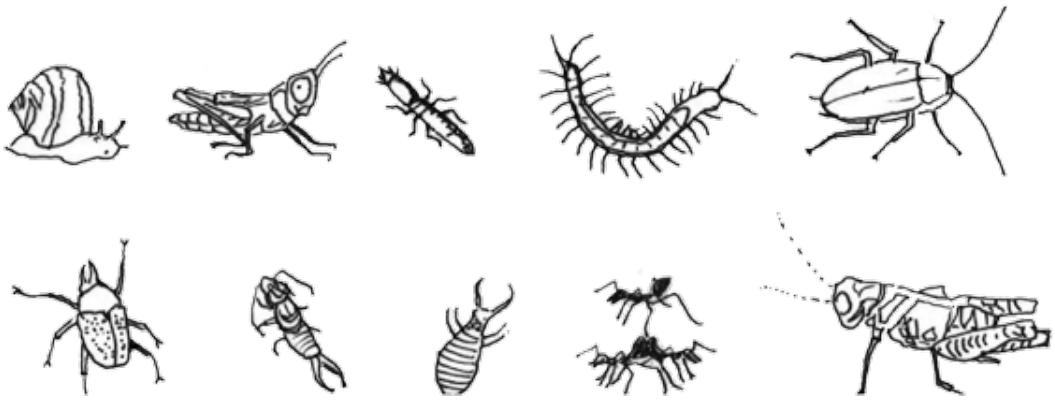
Bacalah pernyataan-pernyataan di atas ini, menurut kamu masing-masing isinya benar atau salah? Berilah tanda centang di kolom yang tersedia. Seandainya informasinya tidak cukup untuk membantu kamu menjawabnya, berikan tanda centang dalam kolom 'Tidak tahu'.

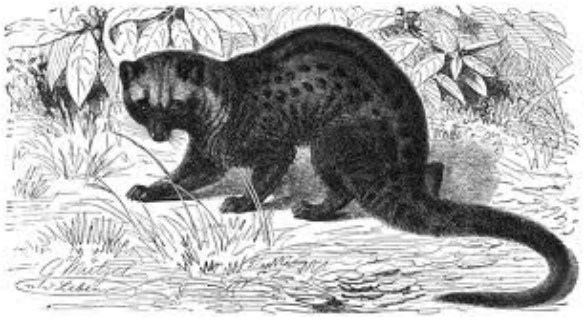
Sekarang cobalah bicarakan dengan kawanmu hewan-hewan apa saja yang kamu ketahui pandai menyamarkan diri di hutan Gorontalo.

D. Di dasar hutan

Di lantai hutan udara selalu lembab dan hangat. Segala sesuatu yang jatuh dari atas - dedaunan, ranting dan dahan yang patah, buah-buahan, kotoran dan bangkai hewan semuanya menumpuk berupa lapisan bawah yang disebut serasah.

Serasah sama sekali bukan sampah, tetapi merupakan habitat dan sumber makanan bagi semut, kelabang, kumbang, siput, kecoa dan berbagai hewan lainnya yang hidup di bawahnya. Di lapisan serasah, sama sekali tidak ada yang sia-sia. Bahkan pohon besar yang tumbangpun akan lenyap dimakan oleh ribuan rayap!





Dasar hutan di Sulawesi dulu merupakan tempat pengembaraan Anoa, hewan menyusui terbesar di pulau ini. Anoa menyukai hutan lebat yang tidak terganggu kegiatan manusia sebagai habitatnya. Makanan utamanya adalah buah-buahan (misalnya buah ara yang jatuh ke lantai hutan), tunas, dedaunan rumput, pakis dan bahkan lumut.

Makanan utama musang atau luwak adalah buah-buahan dan hewan kecil, termasuk burung atau telurnya. Bentuk tubuhnya ramping agak menyerupai kucing, tetapi moncongnya lancip dan ekornya agak panjang. Bulunya bertotol dan sering berbintik. Musang mengeluarkan bau wangi sebagai penanda batas wilayah pengembaraannya. Kakinya yang lincah memampukannya memanjat pohon tinggi untuk mencari mangsanya. Ada tiga jenis musang, yaitu Musang kelapa melayu (*Viverra tangalunga*), Musang kelapa biasa (*Paradoxurus hermaphroditus*) dan Musang sulawesi (*Macrogalidia musschencroeckii*).

Hewan lainnya di dasar hutan adalah monyet. Pulau Sulawesi memiliki 7 jenis monyet yang tidak ada di tempat lainnya di dunia. Monyet Heki (*Macaca hecki*) hanya ada di kawasan Gorontalo saja. Orang sering menyebut monyet ini sebagai kera, tetapi hal ini tidak tepat karena *Macaca* memiliki ekor, meskipun pendek dan ketika berjalan telapak tangannya datar di tanah. Monyet ini cukup besar (berat badan 7-11 kg) dan hidup berkelompok.

Makanan utamanya adalah buah-buahan, tetapi kadang juga memakan serangga. Waktu mengembara mencari makan, monyet ini menyimpan makanan dalam kantung khusus di pipinya. Biji buah makanannya dibuang di lantai hutan. Karena itu monyet Heki berjasa sebagai pemencar biji untuk pertumbuhan pohon buah di hutan. Selain mencari makan di dasar hutan, mereka juga bergelantungan di cabang-cabang pohon dan pada malam hari tidur di tajuk pohon.

Mamalia besar lainnya yang hidup di lantai hutan Sulawesi adalah babirusa dan babi hutan. Babirusa mungkin merupakan hewan yang paling aneh di dunia, karena gigi taringnya mencuat menembus moncong hewan jantan, melengkung ke belakang ke arah mata. Hewan betina tidak memiliki taring.

Fungsi gigi taring ini belum diketahui pasti. Menurut ilmuwan, gigi taring ini kemungkinan digunakan dalam perkelahian antara pejantan atau untuk menarik perhatian babirusa betina.

Berbeda dengan babi hutan yang agresif menggali tanah dan merampas ubi, babirusa sifatnya pemalu. Mereka memakan buah-

buahan yang jatuh dari pohon. Kemampuan babirusa untuk melahirkan anak juga rendah, hanya 1-2 ekor per tahun; sementara babi hutan melahirkan banyak anak.

Jumlah kedua jenis babi ini di hutan Sulawesi sangat menurun karena perburuan dan penyempitan atau kehilangan habitat mereka. **Mengingat perbedaan ciri-ciri kedua jenis babi ini, jenis mana yang akan lebih cepat punah?**

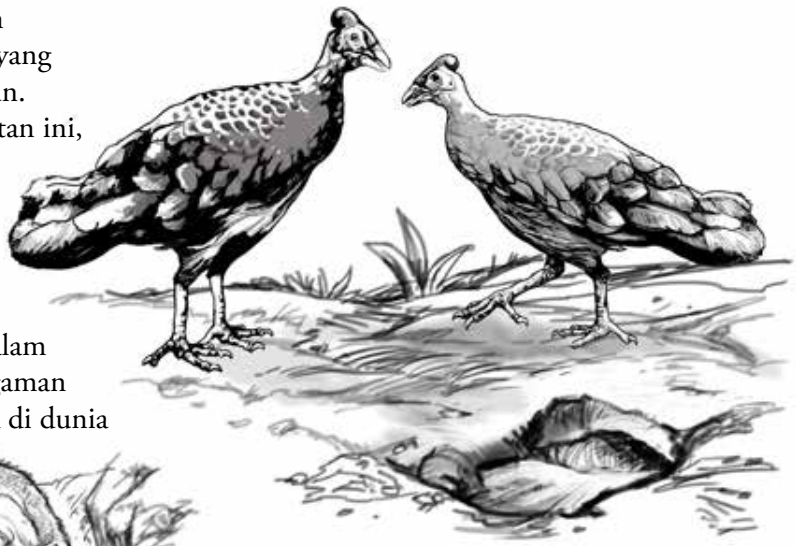
Kedua jenis babi ini sering mendatangi kubangan berlumpur (lihat gambar di atas) untuk menjilat air yang agak asin.

Menurut penelitian, babirusa meminum air asin untuk membantu mencerna makanan yang terutama berupa umbi daun, dan buah. Babirusa memakan buah *Pangi* yang mengandung minyak yang bisa beracun. Dengan menjilat air asin di tengah hutan ini, kadar racun dalam buah *Pangi* bisa dinetralkan. Satu-satunya kolam asin di mana babirusa dan hewan menyusui lainnya berkubang bersama hanya ada di Adudu di dekat stasiun penelitian Nantu. Alangkah ajaibnya alam menyediakan semua unsur keanekaragaman hayati ini sehingga babirusa yang unik di dunia tetap dapat hidup di hutan Gorontalo.

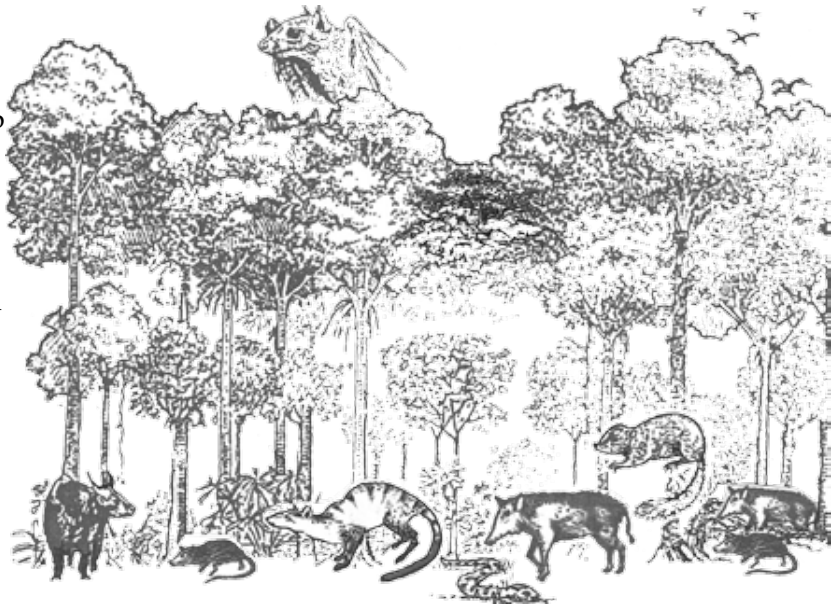
Ada beberapa jenis burung yang hidup di hutan. Salah satunya adalah burung Maleo yang dulu sangat banyak di hutan Sulawesi. Burung yang besarnya seperti ayam kampung (sekitar 1,6 kg) ini berbulu indah hitam kebiruan mengilap. Burung ini perilakunya aneh; telurnya berukuran sangat besar dibandingkan ukuran tubuhnya. Telurnya tidak dierami di sarangnya, tetapi dikubur di pasir pantai yang hangat, lalu ditinggalkan saja sampai menetas.

Perilaku ini memudahkan biawak dan anjing liar untuk memangsa telurnya. Masyarakat Sulawesi juga mengambil telur Maleo untuk dimakan dan dijual. Selain itu pantai-pantai yang dulu dikenal sebagai tempat Maleo bersarang sekarang tidak digunakan lagi karena kerusakan habitat dan perburuan. Akibatnya populasi burung ini menurun sangat tajam, bahkan merupakan jenis yang paling terancam punah di Sulawesi.

Dulu waktu hutan di Sulawesi masih lebat, rusa banyak dan mudah terlihat di dekat desa-desa perbatasan hutan. Sekarang tidak banyak hewan besar seperti rusa, Anoa yang hidup di lantai hutan, kecuali babi hutan, monyet Heki dan biawak.



Perhatikan gambar ini dan kenali hewan-hewan yang hidup hutan.



Perhatikan juga keanekaragaman di berbagai tingkat ketinggian dan sebutkan apa saja yang dapat kalian kenal

Bacalah pernyataan-pernyataan di bawah ini, menurut kamu masing-masing isinya benar atau salah dan berilah tanda silang di kolom yang tersedia. Seandainya informasinya tidak cukup untuk membantu kamu menjawabnya, berikan tanda centang dalam kolom 'Tidak tahu'.

Sekarang cobalah diskusikan dengan kawanmu tentang hewan-hewan yang hidup di hutan Gorontalo dan mengapa mereka terancam hidupnya.

	Benar	Salah	Tidak tahu
1. Di dasar hutan udaranya hangat dan lembab.			
2. Hewan yang hidup di lapisan serasah kebanyakan adalah serangga.			
3. Rayap giginya tajam sehingga bisa menguyah kayu.			
4. Kalong mencari makan di malam hari, terutama pemakan buah-buahan.			
5. Musang adalah satu-satunya mamalia yang memakan tumbuhan dan hewan (karnivora).			
6. Musang bisa memanjat pohon dan memakan anak burung di dalam sarang di atas pohon.			
7. Monyet Heki termasuk jenis kera.			
8. Monyet Heki hidup berkelompok dan mengembara di atas tanah dan bergelantungan di pohon mencari buah dan tumbuhan makanannya.			
9. Monyet Heki berjasa sebagai pemencar biji pohon buah di hutan.			
10. Kemampuan Babirusa untuk melahirkan anak sangat rendah, hanya 1-2 ekor.			
11. Kubangan berair asin di tengah hutan sangat penting bagi kelangsungan hewan di dasar hutan.			
12. Babi hutan termasuk jenis yang tidak dilindungi.			
13. Ancaman utama bagi babirusa dan babi hutan adalah perburuan, dagingnya dijual sebagai lauk.			
14. Burung Maleo bertelur dalam jumlah banyak dan menjaga sarang telurnya sampai anak-anaknya menetas.			
15. Ukuran telur burung Maleo sangat besar (hampir empat kali telur ayam biasa) sehingga orang yang memburunya dapat menjual dengan harga mahal.			

Tahukah kamu

Menurut hasil penelitian terkini (Lee dan Rais 2001), kawasan konservasi Taman Nasional Bogani Nani Wartabone dan Suaka Margasatwa Nantu memiliki jenis-jenis **endemik** Sulawesi: 24 jenis mamalia, 195 jenis burung termasuk burung Maleo, 11 jenis reptilia, 38 jenis kupu-kupu, 200 jenis kumbang dan 19 jenis ikan. Jenis-jenis satwa istimewa antara lain adalah monyet Heki, luwak, tarsius, Anoa, dan babirusa. Jenis-jenis tumbuhan istimewa seperti palem dan jenis-jenis rotan lainnya. Kayu besi, eboni, cempaka, kenanga adalah sejumlah jenis yang menghasilkan kayu yang berharga untuk bahan bangunan.

AKTIVITAS 17.

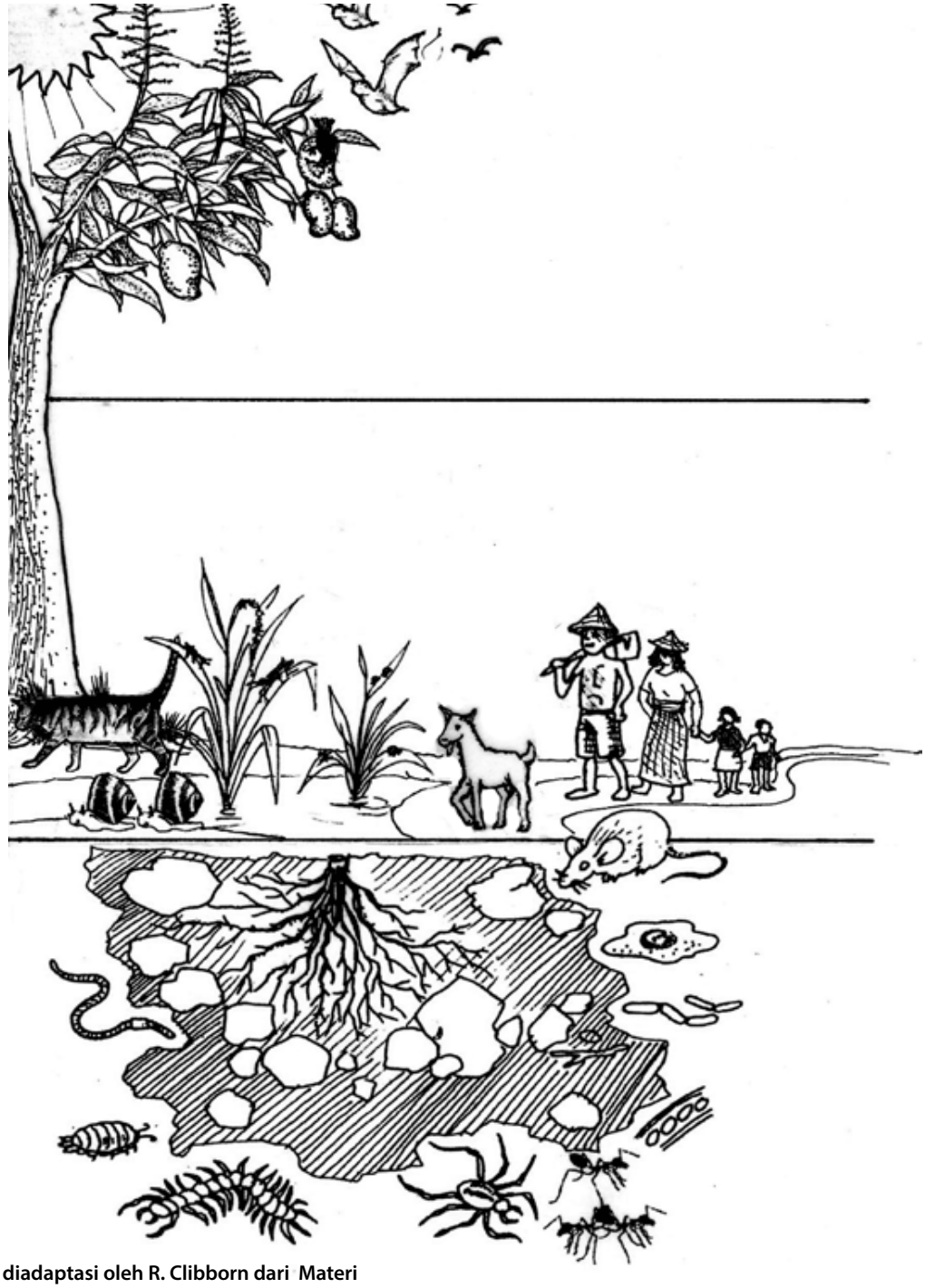
Mengenali keanekaragaman hayati di sekitar kita

Lihat gambar di bawah ini dan kenali berbagai unsur keanekaragaman hayati di berbagai lingkungan. Apa saja bentuk **interaksi keanekaragaman hayati** (produksi, konsumsi dan penguraian) yang dapat kalian lihat dalam kedua gambar di bawah ini?

Unsur-unsur keanekaragaman hayati yang saya amati: .....
.....
.....

Macam-macam interaksi keanekaragaman hayati
Produksi .....
Konsumsi
Penguraian

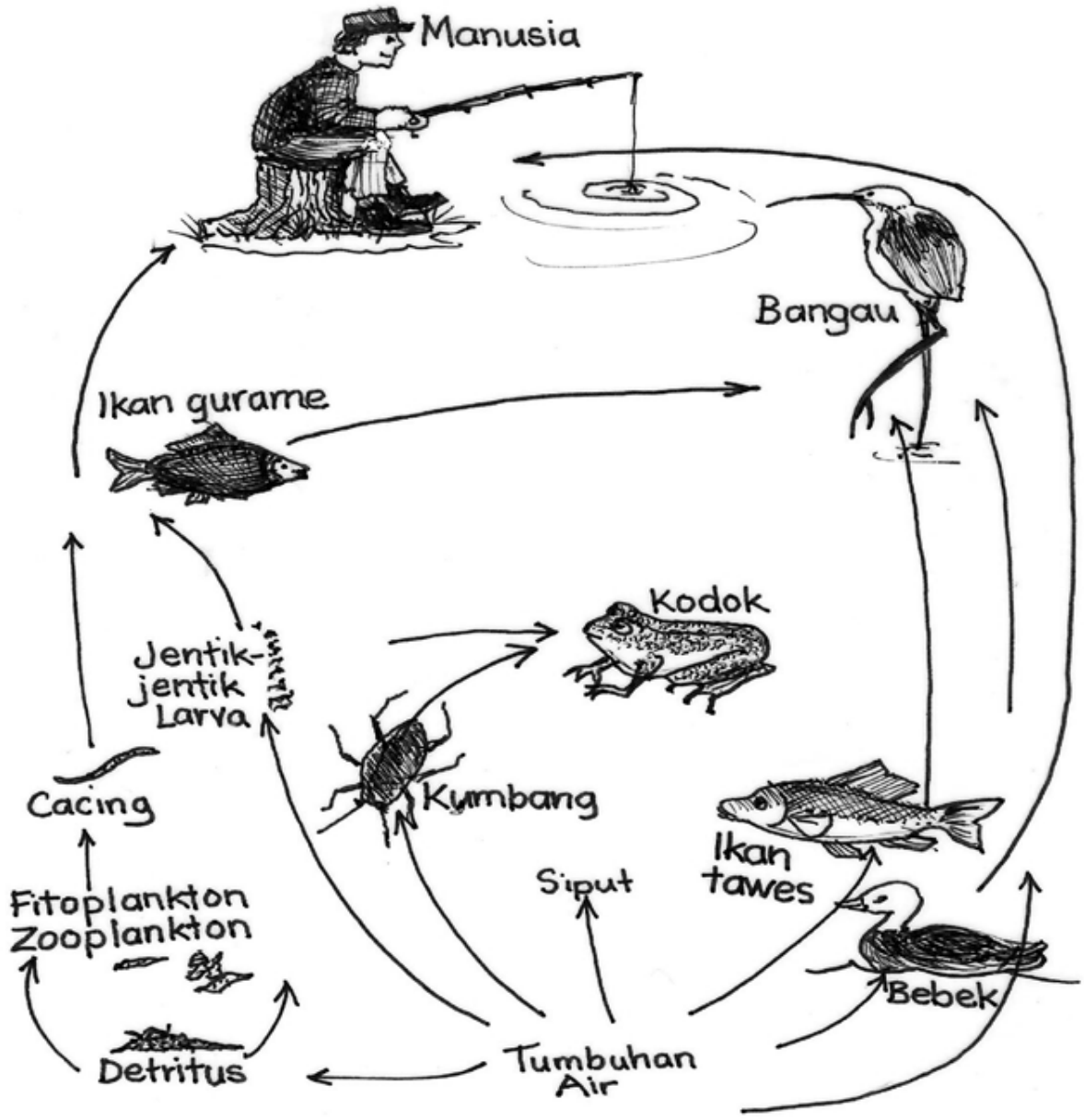
Sumber: Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Keanekaragaman Hayati. Hanns Seidel Foundation.



Gambar diadaptasi oleh R. Clibborn dari Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Keanekaragaman Hayati. Hanns Seidel Foundation.

Unsur-unsur keanekaragaman hayati yang saya amati: .....
.....
.....

Macam-macam interaksi keanekaragaman hayati
Produksi .....
Konsumsi
Penguraian



Gambar oleh R. Clibborn

Unsur-unsur keanekaragaman hayati yang saya amati: .....
.....
.....

Macam-macam interaksi keanekaragaman hayati
Produksi .....
Konsumsi
Penguraian

Gambar diadaptasi oleh R. Clibborn dari Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Keanekaragaman Hayati. Hanns Seidel Foundation.

Unsur-unsur keanekaragaman hayati yang saya amati: .....
.....
.....

Macam-macam interaksi keanekaragaman hayati
Produksi .....
Konsumsi
Penguraian

AKTIVITAS 18.

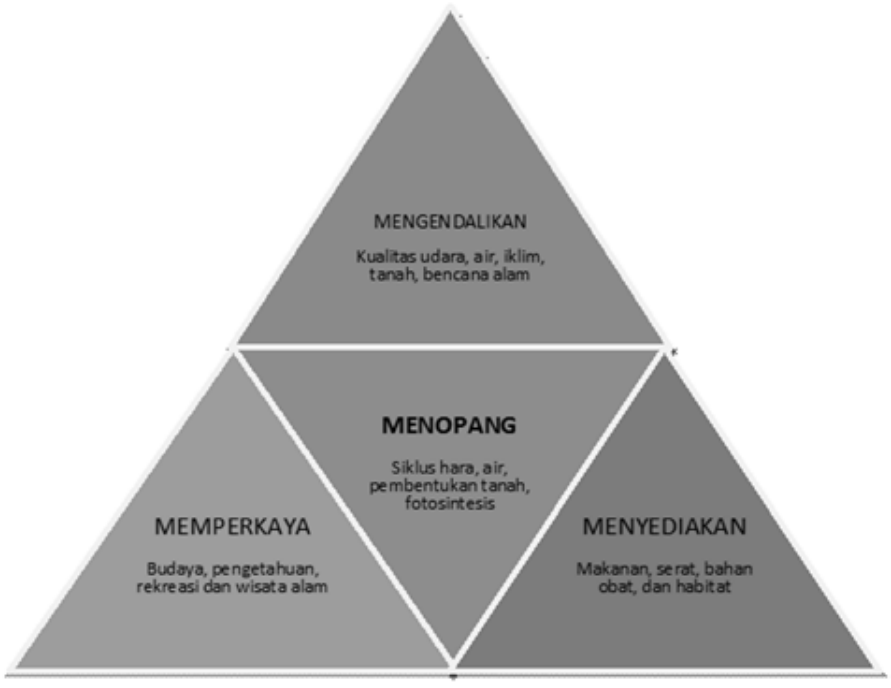
Peran keanekaragaman hayati - berbagai jasa lingkungan

Pengantar

Dalam **Aktivitas 17** kita telah mengenali sejumlah peran utama keanekaragaman hayati yang dapat dilihat dalam bentuk-bentuk interaksi unsur-unsurnya dengan lingkungan di mana mereka hidup - yang terutama terwujud dalam fungsi produksi, konsumsi dan penguraian.

Berbagai interaksi dalam ekosistem alami yang menghasilkan berbagai jenis manfaat langsung atau tidak langsung bagi manusia. Manfaat ini dikenal sebagai **jasa ekosistem** atau **jasa lingkungan**. Semakin beragam suatu ekosistem, semakin mantap pula fungsi yang dijalankannya, yang akhirnya menghasilkan beragam jasa juga.

Pada tahun 2005 sekitar 2000 ilmuwan di berbagai penjuru dunia melakukan penilaian atas berbagai jasa yang dihasilkan oleh ekosistem alami di seluruh dunia. Hasil penelitian global ini diterbitkan dalam suatu laporan yang menjadi rujukan internasional, berjudul *The Millennium Ecosystem Assessment* (Penilaian Ekosistem Milenium). Secara garis besar ada 24 bentuk jasa ekosistem yang dikenali, dan dikelompokkan dalam empat jasa utama: **Menopang**, **Menyediakan**, **Mengendalikan** dan **Memperkaya**. Gambar di bawah ini memperlihatkan bahwa fungsi 'Menopang' merupakan fondasi atau dasar agar ketiga fungsi utama lainya dapat berlangsung. Perhatikan bahwa ketiga fungsi lainnya sangat bergantung pada kemampuan alam untuk menopangnya.

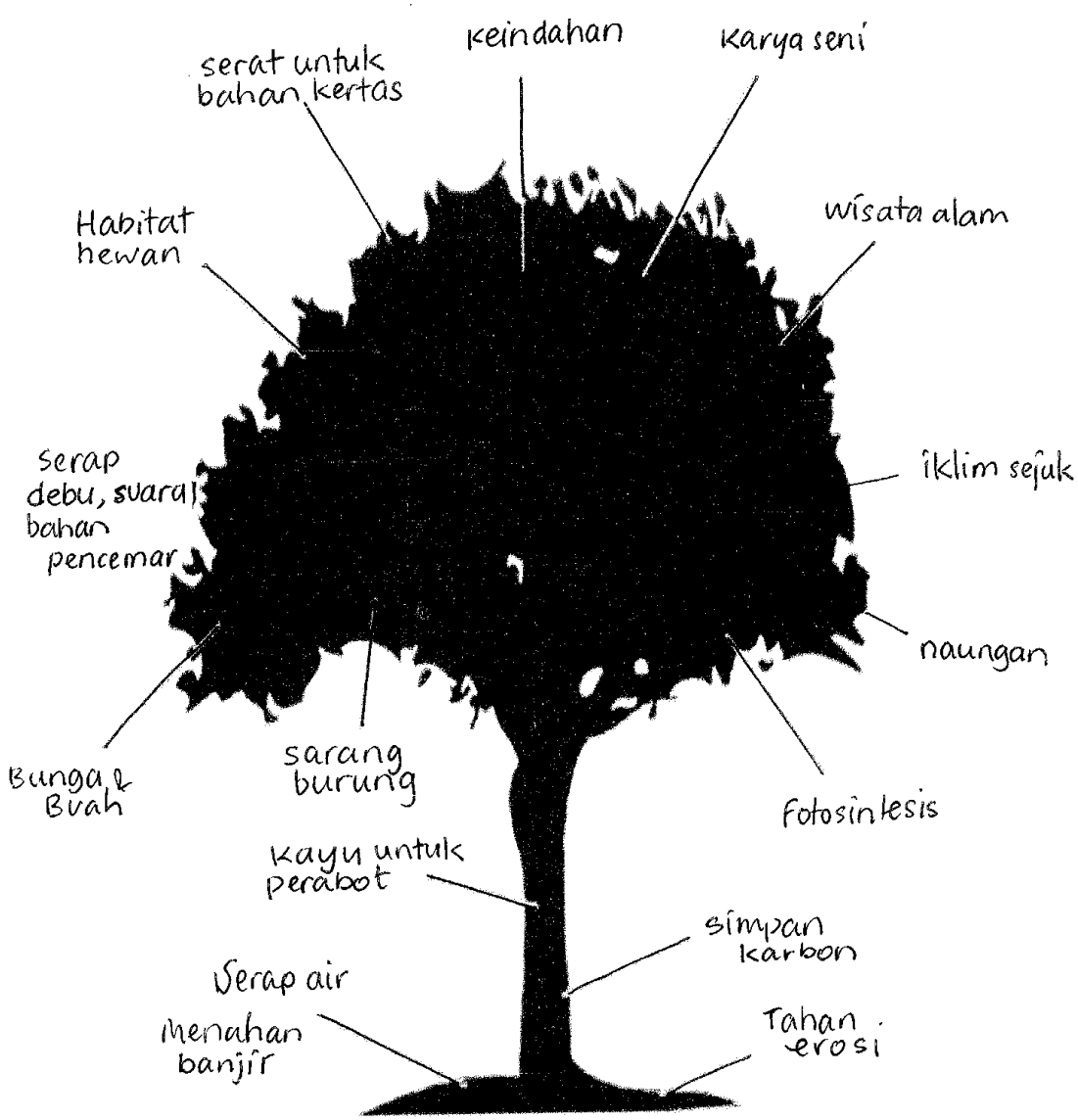


Tabel di bawah ini menjelaskan berbagai contoh fungsi dari keempat bentuk jasa ekosistem.

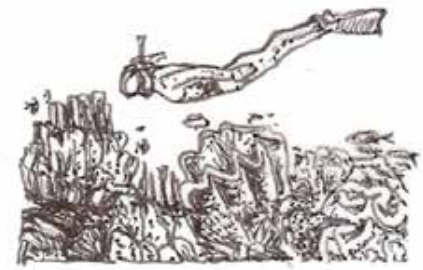
Ajaklah siswa untuk memberi contoh dari setiap bentuk jasa lingkungan yang disebutkan dalam tabel ini

Menopang	**Menyediakan**
• tumbuhan melakukan fotosintesis yang menghasilkan berbagai barang (lihat bagian **Menyediakan**) • tumbuhan sebagai penyaring alami untuk memurnikan air di hutan atau lahan basah • menahan zat hara yang penting di dalam tanah agar tanah tetap bisa berfungsi baik mendukung tanaman di atasnya • memelihara ekosistem yang seimbang sehingga penghuninya bisa terus melangsungkan hidupnya • melindungi sumber-sumber air, seperti menjaga siklus air, menyerap air di dalam tanah sehingga tidak banjir	• bahan makanan (dari tumbuhan dan hewan) • bahan obat-obatan (di masa lalu, sekarang dan masa depan) • pengendali hama dan penyakit alami • kayu untuk kayu bakar, bahan bangunan, perlengkapan rumah tangga, serat untuk membuat kertas dan tekstil • cadangan untuk perkembangbiakan tumbuhan dan hewan • plasma nutfah (sifat-sifat genetis yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas tumbuhan dan hewan yang bermanfaat bagi manusia) • habitat bagi berbagai hewan dan tumbuhan
Memperkaya	**Mengendalikan**
• keanekaragaman hayati merupakan sumber pengetahuan (ilmiah dan tradisional) yang penting untuk pendidikan dan penelitian • keanekaragaman hayati memiliki nilai keagamaan dan budaya (memberikan inspirasi mengenai keindahan yang menyenangkan hati) • menyediakan berbagai barang yang dapat dijualbelikan atau ditukarkan • berbagai kegiatan rekreasi alami (mengamati burung, memancing, menjelajah hutan atau laut) dan wisata lingkungan (ekoturisme) • menyediakan berbagai pilihan untuk memanfaatkan keanekaragaman hayati di masa depan; alam dan segala isinya sebagai warisan untuk generasi masa depan.	• membantu pembentukan dan perlindungan tanah (memelihara struktur tanah, menjaga kelembaban tanah) • menjaga iklim agar stabil (menyerap karbon dioksida dan menghasilkan oksigen) • memulihkan kondisi dari gangguan dan bencana (kebakaran hutan, badai, dan bencana akibat ulah manusia)

Gambar di bawah ini memperlihatkan contoh manfaat sebuah pohon. Sebuah pohon bisa dikatakan sebagai ekosistem kecil yang menyediakan berbagai jasa bagi makhluk hidup, termasuk manusia. Kalau satu pohon saja begitu banyak manfaatnya, coba kalian bayangkan dan pikirkan apa saja manfaat pohon dan berbagai tumbuhan lain yang membentuk ekosistem bernama **hutan**.



1. Ekosistem Pesisir

	Ceritakan berbagai bentuk jasa lingkungan yang kamu ketahui tentang ekosistem pesisir
	Beragam jenis ikan laut …..
	Pohon di tebing-tebing yang curam
	Terumbu karang menyediakan kesempatan untuk kegiatan ….
	Ekosistem terumbu karang dan ikan-ikan yang hidup di dalamnya

Gambar dari Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Modul Keanekaragaman Hayati. Hanns Seidel Foundation.

2. Ekosistem hutan

Dalam tabel di bawah ini ada beragam manfaat hutan. Pemberian peringkat manfaat hutan ini dapat dilakukan oleh siswa secara perorangan atau dalam kelompok kecil.

Untuk dilakukan perorangan:

Masing-masing siswa diberi 25 butir jagung untuk menunjukkan pendapat mereka mengenai manfaat hutan. Kalau tidak ada butir jagung, siswa bisa langsung menuliskan pendapatnya dengan memberikan angka (bobot) di kolom kanan setiap pernyataan.

Menyediakan 'rumah' bagi beragam hewan dan tumbuhan		Merupakan warisan alam yang penting bagi masyarakat lokal dan internasional	
Merupakan gudang ilmu pengetahuan untuk diteliti		Menyediakan 'rumah' bagi beragam hewan liar yang tidak dapat hidup di tempat lain	
Menyediakan bahan bangunan seperti kayu dan rotan		Menyediakan sumber bahan makanan (buah, sayuran) dan obat-obatan	
Melindungi lahan dari hujan deras yang dapat menyebabkan erosi tanah		Pohon-pohon di hutan membuat iklim di sekitarnya sejuk	
Menyediakan 'kelas alami' untuk belajar tentang tumbuhan dan hewan		Menyediakan lahan untuk kegiatan manusia (ladang, kebun, tambang)	
Menyediakan kesempatan untuk rekreasi (lintas alam, mengamati burung, melihat satwa liar)		Pohon-pohon di hutan membantu menyimpan air di dalam tanah sehingga tidak banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau	

Hutan bermanfaat, karena …	**Kel A**	**Kel B**	**Kel C**	**Kel D**
Merupakan gudang ilmu pengetahuan untuk diteliti.				
Menyediakan 'rumah' bagi beragam hewan liar yang tidak dapat hidup di tempat lain.				
Menyediakan bahan bangunan seperti kayu dan rotan.				
Menyediakan sumber bahan makanan (buah, sayuran) dan obat-obatan.				
Merupakan warisan alam yang penting bagi masyarakat lokal dan internasional.				
Pohon-pohon di hutan membuat iklim di sekitarnya sejuk.				
Menyediakan lahan untuk kegiatan manusia (ladang, kebun, tambang).				
Melindungi lahan dari hujan deras yang dapat menyebabkan erosi tanah.				
Menyediakan 'kelas alami' untuk belajar tentang tumbuhan dan hewan.				
Menyediakan kesempatan untuk rekreasi (lintas alam, mengamati burung, melihat satwa liar).				
Pohon-pohon di hutan membantu menyimpan air di dalam tanah sehingga tidak banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau.				
Menyediakan 'rumah' bagi beragam hewan dan tumbuhan.				

Semakin tinggi bobot yang diberikan, artinya bentuk manfaat yang diberi bobot tinggi itu penting baginya, dan sebaliknya. Ketika semua pernyataan sudah diberi bobot, jumlah bobotnya untuk pernyataan secara keseluruhan harus = 25.

Contohnya, kalau menurut pendapat "Hamid" hutan itu penting karena 'Menyediakan sumber bahan makanan, buah, sayuran dan obat-obatan' ia bisa memberikan angka 6 (atau berapa saja sesuai pendapatnya) di kolom kanan pernyataan ini. Maka 19 butir jagung lainnya (25-6) bisa ia bagikan ke jenis-jenis manfaat lainnya dalam tabel. Tentu saja kalau Herman merasa bahwa manfaat hutan menyejukkan iklim itu tidak terlalu penting, maka ia bisa memberikan angka nol atau angka lain di kolom sebelah kanan pertanyaan ini.

Jika penilaian manfaat hutan ini dilakukan dalam kelompok kecil, misalnya 2-3 orang – prosesnya sama saja dan anggota kelompok perlu bersepakat untuk memberikan bobot masing-masing pernyataan.

Hasil aktivitas ini dapat digunakan sebagai latihan statistika sederhana. Misalnya, setelah kegiatan pemberian bobot selesai, guru dapat memandu 'menghitung suara' dari hasil kelompok atau dari hasil penilaian perorangan.

1. Setiap kelompok menyebutkan bobot masing-masing pernyataan.
2. Hasil angka dari kelompok A, B, C dan D dijumlahkan lalu dirata-ratakan.
3. Dari hasil penghitungan butir 2, siswa dapat membuat grafik batang untuk menunjukkan pendapat bersama, manfaat mana yang dipandang 'paling penting' dan paling 'tidak penting' menurut siswa.

Hutan merupakan salah satu ekosistem yang sangat kaya dalam hal keanekaragaman hayati dan fungsinya. Beberapa fakta mengenai unsur utama pembentuk ekosistem hutan dijelaskan di bawah ini.

	Tumbuhan hutan di berbagai lapisan ketinggian Keberadaan tumbuhan dalam berbagai tingkat ketinggian di hutan penting karena: • Hewan tertentu hanya hidup di lapisan ketinggian tertentu • Hewan tertentu mencari makan di berbagai ketinggian tapi tidur di ketinggian tertentu saja • Memungkinkan hewan mendapatkan makanan dari ketinggian berbeda • Menyediakan jenis makanan berbeda sepanjang tahun (bunga, buah, biji, daun) • Menyediakan lingkungan yang aman untuk bersarang • Menyediakan ruang hidup bagi berbegai hewan
	Lapisan pohon Lapisan pohon penting perannya sebagai: • Tempat bersarang bagi mamalia, burung, katak, dan kadal • Rumah bagi burung, avertebrata dan mamalia • Sumber nektar bagi lebah yang menghasilkan madu • Sumber makanan (buah, biji, bunga dan daun) bagi banyak burung dan hewan lainnya • Tempat berlindung dari hewan pemangsa • Lubang untuk tempat berlindung (burung dan serangga)
	Tumbuhan berbunga Tumbuhan berbunga sangat penting karena: • Menyediakan nektar dan serbuk sari untuk makanan avertebrata, mamalia dan burung • Menghasilkan bunga, biji dan buah yang menjadi makanan hewan dan manusia
	Semak dan perdu Semak dan perdu yang tumbuh di bawah lapisan pohon berperan penting sebagai: • Rumah dan sarang bagi burung, avertebrata dan mamalia • Penghasil bunga yang mengandung nektar untuk makanan serangga, burung dan mamalia • Sumber penghasil makanan (buah, bunga, biji dan daun) • Tempat berlindung dari hewan pemangsa
	Serasah dan kayu mati Di lapisan dasar hutan kayu dan daun mati tampaknya berserakan seperti sampah, tetapi fungsinya sangat penting untuk: • Tempat bersarang bagi serangga, reptilia dan katak • Rumah bagi banyak jenis serangga dan avertebrata lainnya • Menjaga permukaan tanah selalu lembab • Menjaga permukaan tanah tidak larut oleh curahan hujan • Menyediakan tempat hidup bagi serangga, seperti rayap dan semut • Melindungi hewan dan serangan hewan lain • Tempat hidup yang lembab bagi tumbuhan muda

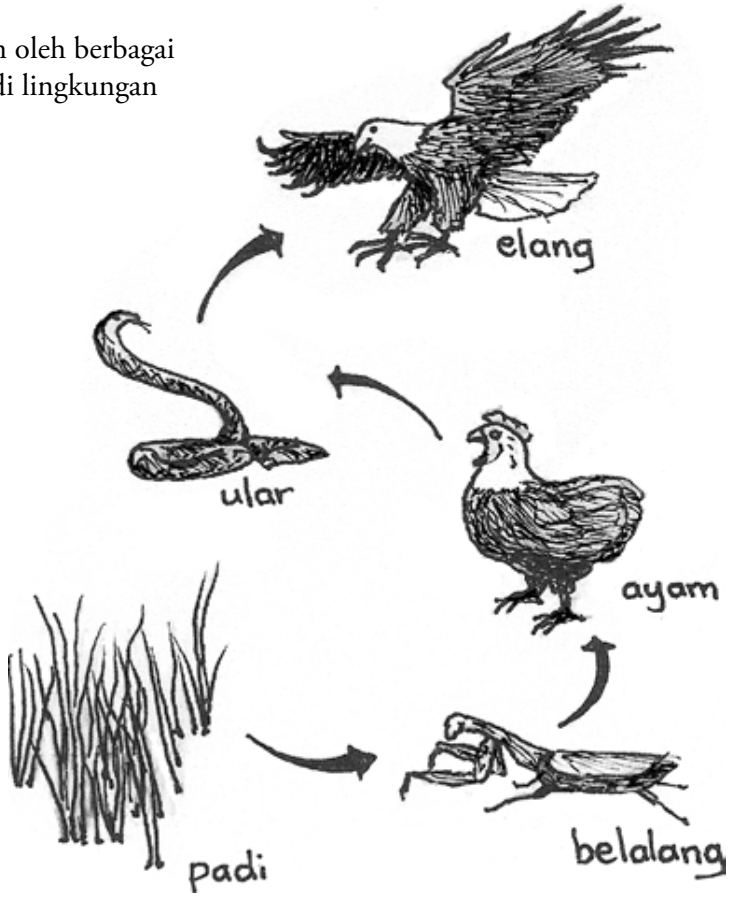
	Genangan air Di hutan genangan air berperan penting untuk: • Tempat bersarang avertebrata, ikan dan katak • Menyediakan air minum bagi banyak jenis hewan • Menjaga lingkungan tetap lembap supaya tumbuhan terus hidup • Mendukung pertumbuhan tanaman muda
	Batu-batuan Keberadaan batu-batuan di hutan penting sebagai: • Rumah dan sarang untuk serangga dan katak • Tempat berlindung dari hewan pemangsa, badai dan api • Penjaga kelembapan tanah dan melindungi dari kekeringan • Pelindung tanah dari erosi

Sumber: NSW National Parks and Wildlife Service. 2003. project initiative under the NSW Biodiversity Strategy

3. Perhatikan dan kenali unsur-unsur keanekaragaman hayati dan jenis interaksi yang berlangsung di lingkungan ini. Apa saja bentuk jasa yang diberikan oleh lingkungan mangrove?

4. Manfaat atau jasa lingkungan yang kita nikmati dari tumbuhan di contoh-contoh lingkungan perkotaan dalam gambar-gambar berikut

5. Jelaskan jasa yang dihasilkan oleh berbagai unsur keanekaragaman hayati di lingkungan sawah ini.



6. Dengan menggunakan gambar, jelaskan jasa yang dihasilkan oleh lingkungan sungai, rawa, dan danau di Gorontalo.

AKTIVITAS 19.

Permainan - Berburu di belantara kata keanekaragaman hayati lokal

Carilah kata-kata di bawah ini dalam tabel, arah kata bisa ke kanan, ke atas, ke kiri dan diagonal. Setelah menemukan kata di tabel, kamu dapat mencoret kata tersebut di dalam daftar untuk memudahkan kamu menemukan kata-kata lainnya.

AREN AKASIA ALO ANOA ARA BAJING BIAWAK BIJI BUAH BUNGA	BURUNG DAUN FOTOSINTESIS HARA IKAN KALONG KUMBANG KUPUKUPU KARBONDIOKSIDA KATAK	KAYU KUSKUS LEBAH MALEO MUSANG NYAMUK NANGKA NANTU OBAT OKSIGEN	PANGI RANGKONG ROTAN SEMUT SERASAH SIPUT TIKUS ULAR YAKI

A	S	U	R	I	B	A	B	K	U	S	K	U	S
K	C	H	A	U	M	R	W	U	G	J	M	R	S
A	R	E	N	D	A	T	U	M	E	S	O	U	L
S	Y	G	G	R	L	B	M	A	Z	T	K	X	P
I	A	D	K	F	E	V	C	Y	A	I	L	T	V
A	Y	F	O	T	O	S	I	N	T	E	S	I	S
A	B	O	N	D	A	K	A	R	B	J	F	T	E
N	A	N	G	K	A	P	S	A	J	R	U	B	R
G	J	G	O	U	K	P	H	I	B	A	T	T	A
N	I	N	W	P	A	N	G	I	G	T	N	O	S
A	N	O	A	U	D	U	G	S	P	E	A	R	A
S	G	L	L	K	R	A	N	G	K	O	N	G	H
U	I	A	I	U	K	K	A	T	A	K	R	O	I
M	R	K	T	P	G	A	R	A	Y	B	D	W	J
K	A	O	A	U	G	W	T	T	U	N	M	A	G
Y	L	R	P	N	P	A	H	S	A	I	U	Z	K
A	D	I	S	K	O	I	D	N	O	B	R	A	K
F	G	N	U	R	U	B	S	K	P	D	O	H	D

AKTIVITAS 20.

Sejumlah faktor penyebab kemerosotan keanekaragaman hayati

Selama jutaan tahun keanekaragaman hayati mengalami perubahan secara alami. Namun hasil penelitian global oleh para ilmuwan (yang diterbitkan dalam *The Millennium Ecosystem Assessment* atau Penilaian Ekosistem Milenium) menunjukkan bahwa penurunan keanekaragaman hayati akibat kegiatan manusia berlangsung selama 50 tahun terakhir ini kecepatannya 100-1000 kali daripada yang berlangsung secara alami.

Laporan global tersebut menunjukkan bahwa dari 24 jenis ekosistem yang memberikan berbagai layanan kepada manusia, lebih dari separohnya dalam kondisi merosot. Laju kemerosotannya, beserta jenis dan gen yang ada di dalamnya, jauh melebihi kecepatan yang telah berlangsung selama jutaan tahun.

Dan yang lebih mengkhawatirkan, laju atau kecepatan kemerosotan ini semakin naik dan tidak ada tanda-tanda akan melambat. Dengan demikian, kondisi ini sangat mengurangi potensi keanekaragaman hayati untuk pemanfaatan di masa depan; jenis yang belum diketahui namun telah lenyap tidak bisa dipulihkan kembali.

Untuk membantu kita terlibat aktif dalam mencegah kemerosotan keanekaragaman hayati lebih lanjut, langkah pertama yang diperlukan adalah mengetahui berbagai sumber penyebabnya. Secara sederhana temuan para ahli yang menulis laporan global tersebut menyatakan bahwa suatu kegiatan atau tindakan yang menyebabkan kemerosotan keanekaragaman hayati di suatu daerah didorong oleh 5 faktor:

- pemanenan secara berlebihan,
- penyempitan atau kehilangan habitat,
- pencemaran lingkungan hidupnya,
- perubahan iklim dan
- penggunaan jenis hewan atau tumbuhan asing yang menyebar luas.

Kelima faktor tersebut adalah **penyebab langsung**. Beberapa penyebab langsung ini bisa sebagian atau semuanya berlangsung di suatu tempat. Namun yang perlu diingat kegiatan-kegiatan ini berlangsung karena ada faktor-faktor lain di luarnya yang membuat kegiatan yang merusak itu terus berlangsung. Menurut para pakar, 3 faktor utama ini disebut **akar penyebab**, yaitu:

- pertumbuhan jumlah penduduk,
- sejumlah kebijakan pembangunan nasional atau daerah, dan
- perdagangan hasil hutan atau sumber daya alam lainnya.

Perhatikan gambar potongan bawang merah ini dilihat dari samping dan dari atas (melintang). Bagian lapisan yang paling dalam irisan bawang ini melambangkan kegiatan yang langsung menyebabkan kemerosotan keanekaragaman

hayati. Kegiatan-kegiatan langsung ini berlangsung terus atau sulit dikendalikan karena banyak faktor sosial dan ekonomi yang merupakan akar penyebab dan memengaruhi keanekaragaman hayati di suatu tempat.

Dalam bagian ini siswa akan membahas penyebab langsung dan akar penyebab kemerosotan keanekaragaman hayati di Gorontalo, dari beberapa kegiatan yang telah diketahui merugikan. Contohnya sudah diberikan untuk **penebangan liar di hutan.**

Kemungkinan penyebabnya	Kemungkinan efek atau akibatnya	Kemungkinan jalan keluarnya
1. Penebangan hutan kayu dalam skala besar	• Tanaman obat dan buah atau sayur dari hutan hilang • Banjir karena air hujan lebat tidak dapat diserap akar tumbuhan • Tanah longsor karena tidak ada akar pepohonan yang menahan • Jumlah satwa penghuni hutan berkurang atau punah • Erosi tanah meningkat • Kehilangan serangga dan kelelawar atau burung penyerbuk • Membuat iklim sekitar hutan semakin panas • Pendangkalan sungai dan danau karena erosi tanah • Kematian terumbu karang dan perikanan pesisir karena sedimentasi • Berbagai hewan hutan kehilangan tempat hidupnya	• Melaporkan penebangan kayu liar ke polisi • Mendidik semua lapisan masyarakat tentang beragam manfaat hutan • Pemerintah menegakkan peraturan untuk mengelola hutan yang lestari • Pemantuan penebangan hutan secara tegas • Penghutanan kembali • Penghijauan • Dan penanaman lahan kritis • Jalan keluar lainnya …….
2. Pengambilan rotan tanpa kendali Penyebab langsungnya: • Rotan yang terus diambil dari hutan tidak pernah ditanami kembali, sehingga tidak dapat berkembang biak • Pemanenan rotan sering disertai pembakaran pohon atau penebangan pohon yang menjadi induk tanaman rotan untuk melilitnya • Hutan alam yang merupakan habitat untuk pertumbuhan rotan banyak ditebangi atau berubah menjadi kawasan pertanian atau permukiman	• Kehilangan tanaman menjalar yang perlu pohon pendukung	• Mengendalikan pengeluaran ijin pengambilan rotan • Mendorong kegiatan budi daya rotan di kebun masyarakat
3. Mengubah hutan menjadi kebun jagung atau kelapa sawit		
4. Pembakaran hutan untuk membuka ladang baru		
5. Penangkapan satwa liar untuk dipelihara atau dijual dagingnya		

AKTIVITAS 21.

Memikirkan pemanfaatan sekarang dan masa depan

Sasaran: • Menjajaki sejumlah masalah yang terkait dengan pemanfaatan sumber daya alam • Memahami sejumlah akibat pemanfaatan sumber daya alam yang tidak berkelanjutan. • Memahami kesulitan ketika ketersediaan terbatas sementara permintaan sumber daya alam meningkat.	Pelajaran terkait: IPA, IPS dan Matematika Keterampilan: Membaca, mencari dan memahami informasi, mencari jalan keluar, bekerja bersama dalam kelompok. Waktu: Satu sesi Bahan: Papan tulis dan alat-alat

Pengantar

Sumber daya alam adalah adalah bagian dari KH yang telah diketahui manfaatnya bagi manusia. Sebagian besar merupakan bahan mentah dari alam yang kita gunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, yaitu untuk untuk bahan makanan, obat-obatan, kayu untuk bahan bangunan, perabot rumah tangga, serat untuk bahan kertas dan bahan pakaian dll.

Udara yang kita hirup, air yang kita pakai setiap hari dan tanah untuk menanam tanaman pangan berperan penting untuk mendukung segala kegiatan yang menghasilkan barang dan jasa lingkungan untuk mendukung kelangsungan hidup manusia dan juga makhluk hidup lainnya.

Secara umum sumber daya alam digolongkan menjadi dua: yang **terbarukan** dan yang **tak terbarukan.** Sumber daya alam terbarukan setelah dimanfaatkan umumnya dapat dipulihkan melalui proses alam atau tindakan manusia. Misalnya, pohon dan tanaman pangan yang ditebang dapat tumbuh kembali dari biji atau ditanami kembali. Sinar matahari juga merupakan sumber daya alam yang terbarukan karena selalu tersedia tanpa campur tangan manusia.

Sebaliknya, sumber daya alam tak terbarukan jumlahnya tetap dan tidak dapat diperbarui. Artinya, sekali ketersediaan di alam telah habis karena terus digali, manusia tidak dapat menciptakan lagi. Contoh-contohnya adalah minyak bumi, bahan mineral dan tambang dan juga lapisan tanah atas.

Para pakar lingkungan umumnya sepakat bahwa cara-cara masyarakat menggunakan sumber daya alam sering terlalu cepat daripada kemampuan alam untuk pulih kembali. Contohnya banyak sekali, seperti hutan-hutan di Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi yang sebagian besar tidak berupa hutan lagi, atau sedang dalam proses dibabat atau diubah fungsinya. Bahayanya jelas bahwa suatu saat kita tidak punya sumber kayu lagi.

Karena itu, menyeimbangkan antara kebutuhan 'menggali atau memanen' sumber daya alam supaya kebutuhan hidup dapat dipenuhi dan kebutuhan untuk 'menyisihkan' alam dari kerusakan supaya dapat terus berfungsi (sering disebut sebagai 'konservasi') merupakan tantangan bagi semua bangsa di dunia, termasuk Gorontalo.

Dari semua aktivitas yang telah dibahas sebelumnya (**Aktivitas 1-18**) kita tahu bahwa

semua kegiatan hidup manusia memerlukan alam dan segala isi (unsur) dan interaksi yang sangat beragam. Sekarang kita juga tahu bahwa kondisi alam dan KH-nya mengalami banyak tekanan untuk bertahan hidup dan melakukan fungsinya.

Oleh karena itu untuk memastikan pemanfaatan sumber daya alam yang berkelanjutan diperlukan kerja sama segenap warga masyarakat dalam mengambil keputusan yang terkait dengan pemanfaatan sumber daya alam. Hal ini memerlukan individu-individu dan sekelompok warga masyarakat yang tidak hanya berpengetahuan, tetapi juga memiliki kepedulian akan masa depan dan berani untuk mengambil tindakan yang diperlukan.

Namun penting sekali untuk diingat bahwa mencari cara pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan tidak mudah. Misalnya, hutan yang berbeda sering dimanfaatkan untuk kepentingan yang berbeda dan memerlukan cara pengelolaan yang berbeda pula. Terlebih lagi, karena kecepatan masyarakat menguras sumber daya alam selalu berubah (cenderung lebih cepat daripada kemampuan hutan untuk tumbuh kembali) kadang-kadang sulit untuk menentukan apakah pemanenannya berkelanjutan atau tidak. Pemanfaatan yang berkelanjutan juga sangat ditentukan oleh sifat sumber daya alam sendiri, apakah sifatnya terbarukan atau tidak terbarukan.

Aktivitas di bawah ini menggambarkan pola pemanfaatan sumber daya alam yang memperhatikan keberadaannya untuk memenuhi kebutuhan generasi sekarang dan masa depan.

Bahan yang dibutuhkan:

- empat cangkir biji jagung atau kacang atau bahan lain yang cukup besar dan mudah didapatkan;
- empat piring
- biji tambahan (lihat Putaran ketiga di bawah)
- Papan tulis untuk mencatat hasil
- Dua kertas besar untuk menunjukkan faktor yang memengaruhi pertumbuhan pohon di hutan, yaitu “serangan hama dan penyakit” dan “Pengelolaan yang baik”.

Tahapan permainan

1. Guru membagi kelas menjadi empat kelompok, masing-masing kelompok berperan sebagai Keluarga A, B, C dan D. Setiap keluarga beranggota tiga generasi: nenek/kakek, orang tua, dan anak, yang jumlahnya dalam setiap kelompok bisa ditentukan secara merata. Misalnya, kalau dalam satu kelompok terdiri dari 6 orang, maka masing-masing generasi diwakili oleh 2 orang, kalau lebih dari 6 orang, silahkan kelompok bersepakat berapa orang yang mewakili satu generasi.
2. Guru membagikan satu cangkir yang penuh berisi biji (kacang, jagung atau biji lainnya) dan satu piring kepada masing-masing kelompok.
3. Setiap kelompok menuangkan biji ke dalam piring (jangan sampai tumpah) dan menaruh cangkir di sebelah piring.
4. Guru menjelaskan bahwa biji itu adalah lambang pohon-pohon di dalam hutan alam yang dapat mereka manfaatkan untuk kebutuhan pembangunan.
5. Putaran pertama
   a. Keempat kelompok melakukan permainan ini secara bersamaan
   b. Dalam waktu 10 detik, setiap generasi anggota keluarga boleh mengambil biji dengan cara ‘memungut’ (dengan satu tangan menggunakan ujung jari saja) dari piring dan memasukkannya ke dalam cangkir).
   c. Dalam permainan ini, setiap generasi kita umpamakan memerlukan 10 biji untuk dapat memenuhi kebutuhannya. Jika ada biji yang tumpah biarkan saja

d. Mulai dengan generasi "kakek" lakukan pengambilan biji pertama, lalu setelah 10 detik berakhir, hitung biji yang diambil dari piring dan guru mencatat hasilnya di papan tulis. Sisihkan biji yang sudah dihitung di meja.
e. Lanjutkan langkah yang sama untuk "orangtua" dan "anak". Setelah semua melakukan, jumlahkan hasilnya.

Jelaskan bahwa biji yang tersisa di piring dan tidak terambil adalah 'pohon-pohon di hutan yang tersisa untuk masa depan' sedangkan biji yang jatuh melambangkan kayu yang terbuang selama proses penebangan hutan.

a. Perhatikan hasil yang dicatat di papan tulis dan diskusikan dengan siswa
   1. Generasi mana yang mengambil 10 biji?
   2. Mengapa ada generasi yang mengambil lebih dari 10 biji?
   3. Mengapa ada generasi yang mengambil kurang dari 10 biji?
   4. Bandingkan jumlah biji yang tersisa di piring, apakah lebih banyak daripada yang diambil (yang sekarang ada di dalam cangkir) – Apa artinya?
   5. Kalau biji yang dipiring diambil semua, siapa generasi yang menghabiskannya?
   6. Kalau tidak ada sisanya, bagaimana perasaan generasi yang tidak kebagian dalam kelompok itu?
   7. Apakah dalam proses pengambilan biji itu banyak yang tercecer (karena terburu-buru mengambil dalam waktu yang dibatasi)
   8. Seandainya sebelum mengambil biji itu masing-masing generasi sepakat untuk hati-hati mengambil biji, apakah biji yang tercecer akan lebih sedikit?

6. Putaran kedua
   a. Sekarang ulangi langkah-langkah dalam Putaran pertama (Langkah 5 di atas), tetapi dengan mempertimbangkan faktor-faktor pembatas berikut yang ditunjukkan dalam kertas besar oleh guru di depan kelas.
   b. Guru menunjukkan faktor pembatas "Serangan hama dan penyakit" – biji dalam cangkir hanya ada 1/2nya
   c. Guru mengingatkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan setiap generasi hanya memerlukan 10 biji
   d. Setiap kelompok melakukan pengambilan yang sama, guru mencatat hasilnya di papan tulis dan setelah itu menunjukkan jumlahnya.
   e. Perhatikan perilaku pengambilan biji, apakah ada perbedaan yang penting dalam hal jumlah biji yang diambil?
7. Lakukan langkah-langkah dalam Putaran kedua dan amati perilaku setiap generasi.

Penutup

Proses pengambilan sumber daya alam oleh setiap generasi perlu memperhatikan generasi berikutnya agar mereka dapat menikmati manfaat yang sama dari alam. Tanyakan kepada siswa sumber daya apa saja di Gorontalo yang perlu memperhatikan prinsip keberlanjutan, misalnya di hutan (pohon, rotan, satwa liar), di pesisir (ikan, terumbu karang, *ikan nike*) dan di daratan (air tawar, bahan galian tambang).

AKTIVITAS 22.

Bertindak demi kelangsungan hidup

Sasaran: Mengenali dan menyelidiki isu-isu lingkungan lokal yang dipandang penting, kemudian merencanakan dan menerapkannya. Pelajaran terkait: IPA, IPS, Bahasa Indonesia Waktu: Selama satu atau dua kuartal	Keterampilan: Menyiapkan pertanyaan, melakukan pengamatan, mengumpulkan informasi dan mengemasnya, merencanakan suatu tindakan Bahan: Buku catatan, koran atau majalah yang memuat isu-isu lingkungan

Pengantar

Aktivitas ini melibatkan siswa untuk menyelidiki masalah-masalah lingkungan yang dihadapi oleh masyarakat Gorontalo. Tugas mereka adalah mengumpulkan informasi mengenai salah satu masalah, dan kemudian merencanakan kegiatan untuk mengatasinya.

Aktivitas ini bertujuan untuk mendorong siswa mengaitkan berbagai pengetahuan yang telah mereka terima mengenai KH. Tujuan penting lainnya adalah mendorong keterlibatan siswa dalam kegiatan nyata sehingga wawasan mereka berkembang dan rasa percaya diri dalam memahami masalah lingkungan akan meningkat untuk memikirkan cara-cara mengatasinya.

Siswa dapat ikut terlibat dalam kegiatan konservasi yang dilakukan oleh LSM, kelompok masyarakat setempat atau oleh lembaga pemerintah di Gorontalo.

Sekelompok siswa mungkin juga dapat membuat kegiatan mereka sendiri! Ada banyak kegiatan yang dapat mereka lakukan, dengan skala kecil dan murah atau tanpa biaya. Tujuan utamanya adalah mendorong siswa memikirkan tindakan praktis untuk menjawab masalah lingkungan yang menarik perhatian mereka.

Kemungkinan bentuk kegiatan:

- Menularkan pengetahuan mereka mengenai KH lokal kepada siswa lain yang lebih muda, dengan membuat gambar, poster atau diagram.
- Melakukan kegiatan lain bersama anggota masyarakat – seperti membersihkan sungai, selokan atau taman lokal dari sampah.
- Melakukan pengamatan seperti memantau kondisi hewan (burung, kelelawar, kodok atau yang lain) di lingkungan dekat mereka tinggal
- Melakukan pemulihan habitat dalam kelompok di sekolah atau di lingkungan tempat tinggal mereka – misalnya menanam tumbuhan yang menarik kupu-kupu dan burung untuk datang.
- Melibatkan siswa lain dalam kegiatan politis, misalnya menulis surat kepada wakil rakyat di DPR, mengusulkan kegiatan tertentu kepada pemerintah desa dan pemerintah daerah Gorontalo.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan

1. **Curah pendapat** mengenai masalah lingkungan setempat (bisa di tingkat desa, kecamatan, kabupaten, atau bahkan nasional). Siswa akan menjadi lebih sadar

tentang sejumlah masalah lingkungan lokal melalui mengumpulkan berita dari koran, atau mencatat dari berita TV dan radio atau dari internet. Kalau sumber informasi seperti ini tidak ada, mereka bisa mewawancarai anggota masyarakat, pemimpin lokal atau orang tua mereka sendiri, atau menghubungi lembaga pemerintah dan LSM yang bekerja di bidang pengelolaan lingkungan. Jika memungkinkan, siswa didorong untuk melihat langsung di lapangan (di sungai, di pasar, di danau, di jalan, di hutan) masalah lingkungan setempat.

2. Secara bersama di dalam kelas siswa **membuat daftar masalah-masalah yang mereka jumpai** dari hasil pengumpulan informasi dalam Langkah 1.
3. Dari hasil Langkah 2, siswa bekerja dalam kelompok untuk **membuat daftar kegiatan yang layak dilakukan** untuk menjawab atau mengatasi masalah-masalah lingkungan yang telah mereka kenali.
4. Setelah itu mereka dapat **memilih satu atau dua kegiatan** yang menurut mereka menarik dan kemungkinan besar dapat mereka lakukan, meskipun hanya mengatasi sebagian masalah.
   Mungkin akan sangat membantu siswa, kalau guru dapat menjelaskan bahwa suatu masalah lingkungan kadang banyak dimensinya, karena itu dari satu topik yang disepakati bisa dilakukan banyak kegiatan dari segi yang berbeda. Misalnya, kalau sampah dipandang sebagai masalah lingkungan yang penting, mereka dapat melakukan survei rumah tangga mengenai pengelolaan sampah rumah tangga, kemudian menggunakan hasilnya untuk membuat lembar informasi (brosur) mengenai jenis sampah yang dapat didaur ulang, manfaatnya bagi lingkungan dsbnya.
5. Setelah siswa memilih satu atau beberapa topik dari topik-topik yang telah disetujui dalam Langkah 4, mereka bisa dibagi untuk **bekerja kelompok untuk mengumpulkan informasi** yang diperlukan. Berikan jangka waktu yang cukup agar mereka bisa mencari informasi (dari koran, radio, TV atau internet). Kalau sumber informasi terbatas, siswa dapat membuat daftar anggota masyarakat yang dapat mereka wawancarai. Doronglah agar siswa mewawancarai orang-orang yang kemungkinan pendapatnya akan berbeda. Misalnya, untuk mendapatkan informasi mengenai pengelolaan sampah, siapa saja yang mereka bisa tanyai untuk mendapatkan informasi yang beragam.
6. Setelah informasi terkumpul, setiap kelompok bisa **menyarikan temuannya dan membagikannya di depan kelas**. Bagian ini memberi kesempatan kepada siswa untuk membagikan pengetahuannya. Jika memungkinkan, petugas pemerintah atau LSM bisa diundang juga untuk membahas masalah yang diselidiki, membagikan kegiatan yang telah atau sedang mereka lakukan atau bahwa mencari kemungkinan solusinya bersama siswa serta mengevaluasi gagasan tindakan yang diusulkan oleh siswa.
7. Jika ada beberapa kelompok siswa dengan ide kegiatan yang berbeda, masing-masing bisa diberi kesempatan untuk membagikan temuannya. Jika hanya ada 1 atau 2 tindakan yang mampu dilakukan, siswa dapat mengambil keputusan berdasarkan suara terbanyak. Bagian ini memberi kesempatan kepada siswa untuk mengeluarkan pendapat mereka sebanyak mungkin dalam mengambil keputusan. Proses demokrasi ini mungkin merupakan pengalaman pertama mereka. Pada akhirnya, bentuk kegiatan yang dipilih haruslah yang diminati oleh siswa dan memungkinkan untuk diterapkan oleh siswa.

Menyiapkan rencana kerja

Bantulah siswa untuk menyiapkan rencana kerja dengan beberapa pertanyaan berikut:

1. Apa yang ingin mereka capai dengan melakukan kegiatan yang mereka pilih?

   - Guru memandu siswa untuk memikirkan tujuan dan sasaran kegiatan yang dipilih
   - Ajaklah siswa untuk memikirkan: bagaimana kondisi saat ini mengenai masalah yang ingin mereka atasi?
   - Mengapa hal tersebut menjadi masalah?
   - Apakah masyarakat lain di sekitar mereka juga menghadapi masalah yang sama, atau propinsi lain di Indonesia atau negara lainnya?
   - Apa saja pendapat masyarakat lain mengenai masalah yang dihadapi di Gorontalo?
   - Apakah terjadi konflik yang terkait dengan masalah tersebut?
   - Siswa juga dapat membuat garis besar Rencana Tindakan seperti contoh dalam Tabel di bawah ini.

kemampuan mereka. Untuk setiap kegiatan yang akan dilakukan oleh siswa, ajaklah siswa untuk memikirkan pertanyaan yang akan membantu mereka mencapai sasaran kegiatannya. Misalnya, berapa lama waktu kegiatan akan berlangsung, apa saja bahan dan informasi yang mereka perlukan, siapa yang akan mereka wawancarai, bagaimana mereka akan menggunakan informasi yang telah mereka kumpulkan?

3. Mencatat kemajuan kegiatan

Salah satu cara yang sangat membantu siswa menyelesaikan kegiatan ini adalah dengan memantau:

- siapa yang mengerjakan bagian apa
- apa yang sudah dikerjakan dan bagaimana hasilnya
- siapa yang sudah dihubungi dan informasi apa saja yang masih diperlukan dll.

Garis besar Rencana Tindakan	
1. Masalah lingkungan apa yang ingin kamu atasi? Bagaimana kondisi masalah ini sekarang?	5. Buat daftar tugas yang harus dilakukan untuk mencapai masing-masing sasaran dan siapa yang melakukannya. Apa saja alat dan informasi yang diperlukan, dan mungkin biayanya
2. Jelaskan secara ringkas tujuan kegiatan dan cara-cara untuk mencapainya. Perubahan apa yang ingin kamu lihat sebagai hasil kegiatanmu?	6. Tulis nama orang atau lembaga atau organisasi yang perlu dimintai informasi khusus atau dukungan
3. Apa sasaran khusus kegiatan untuk mencapai tujuan kegiatan yang kamu pilih	7. Buat daftar cara menyebarluaskan kegiatan yang akan dilakukan dan untuk mendapatkan dukungan
4. Kapan kegiatan kamu dimulai dan kapan berakhir	8. Pikirkan bagaimana cara menilai keberhasilan kegiatan atau tindakan yang dipilih.

2. Menajamkan sasaran kegiatan

Salah satu masalah umum yang akan dihadapi adalah siswa merasa bahwa masalah lingkungan yang ada terlalu besar, sehingga mereka tidak dapat berbuat apa-apa!

Karena itu guru dapat membantu siswa dengan menyederhanakan tindakan sesuai dengan

Kalau kegiatan yang direncanakan berlangsung satu kuartal, misalnya, siswa bisa mengevaluasi sendiri setiap akhir bulan. Kalau rencana yang sudah dibuat perlu diubah di sana-sini, hal ini tidak apa-apa.

4. Tetapkan batas akhir kegiatan diselesaikan

Siswa diminta untuk membagikan tujuan kegiatan di depan kelas, apa yang mereka akan lakukan dan waktu awal perencanaan dan kapan akan selesai.

Menyelesaikan kegiatan

Ketika kegiatan yang dipilih sudah hampir selesai, ajaklah siswa untuk mengevaluasi kegiatan dan prosesnya, dan perasaan mereka mengenai pengalaman melakukan kegiatan yang mereka pilih. Sebaiknya mereka diberi kesempatan untuk membagikan pengalaman ini di depan kelompok.

Contoh pertanyaan yang dapat digunakan untuk evaluasi

1. Apakah kegiatan kamu berhasil mencapai tujuan dan sasarannya?
2. Bagian mana dari kegiatan kamu yang paling berhasil?
3. Bagian mana dari kegiatan kamu yang paling tidak berhasil?
4. Siapa yang menurut kamu mendukung kegiatan yang kamu pilih?
5. Kalau kamu ingin mengulang kegiatan, apakah kamu akan melakukannya dengan cara yang sama atau berubah?
6. Apa manfaat yang kamu rasakan dengan keterlibatan kamu dalam kegiatan ini?
7. Apakah menurut kamu ada perubahan yang terjadi dengan masalah lingkungan yang kamu coba untuk atasi?
8. Apakah kamu bersedia terlibat dalam kegiatan lingkungan lainnya?
9. Menurut pendapat kamu, apakah ada gunanya siswa terlibat dalam kegiatan lingkungan bersama masyarakat? Kalau ya, kenapa dan kalau tidak kenapa?

Mengapa harus peduli dan apa tindakan kita?

"Upaya untuk menahan laju kehilangan keanekaragaman hayati saja tidak akan cukup; kita semua harus terlibat dalam upaya memulihkan habitat dan berbagai daur ekologis yang memampukan keanekaragaman hayati dan berbagai fungsi ekosistem untuk menghasilkan berbagai jasa lingkungan, seperti sumber makanan dan obat-obatan dan menata air agar terus berlangsung ".

"Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan keterlibatan semua pihak dalam berbagai tingkat, di sektor ekonomi, pembangunan masyarakat dan melalui sektor publik dan masyarakat madani".

"Peran kritis keanekaragaman hayati sebagai landasan kehidupan, mata pencaharian dan pembangunan harus dimengerti oleh semua pihak."

Demikian ujar **Direktur *Biodiversity Conservation Group IUCN* (Lembaga Konservasi Alam Dunia).**

Dari kutipan di atas, ada empat hal yang perlu ditekankan mengenai perlunya konservasi keanekaragaman hayati, yaitu untuk:

- Menjamin kelangsungan pemenuhan kebutuhan dasar manusia, setiap orang memerlukannya; KH bukan suatu kemewahan
- Menjamin kelangsungan perekonomian lokal dan global – tidak ada kegiatan industri yang dapat berlangsung tanpa ada bahan mentah yang tersedia di alam secara berkelanjutan
- Memastikan ketahanan pangan – khususnya dalam menghadapi ketidakpastian akibat perubahan iklim, serangan hama dan penyakit, dan dari berbagai akibat pencemaran.
- Memastikan tameng bagi kesehatan masyarakat.

Penjelasan singkat mengenai keempat hal tersebut diberikan di bawah ini.

1. Pasokan makanan (**Pertanian**)

   Hampir 90% dari makanan di seluruh dunia dihasilkan dari 20 jenis tanaman pangan, seperti padi, jagung, gandum, kedele. Agar tanaman pangan utama ini dapat terus meningkatkan hasil dan bertahan dari serangan hama dan penyakit, diperlukan tanaman liar untuk mendapatkan sifat-sifat yang dikehendaki. Pasokan untuk mengembangkannya adalah dari alam. Jika sumber dari KH alami ini hilang, kita tidak memiliki kesempatan untuk mengembangkan dan mengatasi masalah produksi pangan. Akibatnya, ketahanan pangan bagi manusia di masa depan akan terancam. Salah satu contohnya adalah jenis jagung liar (*Zea diploperennis*) di Meksiko yang memiliki sifat sangat kuat menahan serangan hama dan penyakit. Jika jenis ini dikawin-silangkan dengan jenis yang rasanya enak dan masa tanamnya pendek, maka akan menghasilan panen yang bagi dengan harga jual yang mahal dan menyejahterakan petani dan memberi sumber makanan yang bermutu bagi manusia.

2. Pengobatan berbagai penyakit (**Kesehatan**)

   Menurut penelitian di negara-negara maju, hampir setengah dari bahan obat modern sumbernya berasal dari tumbuhan, hewan atau jasad renik. Di negara-negara berkembang seperti Indonesia, khususnya masyarakat perdesaan persentase sumber obat-obatan dari alam mungkin jauh lebih besar. Karenanya peran KH untuk kepentingan kesehatan mungkin seperti perpustakaan yang berisi ribuan buku yang belum sempat kita baca isinya. Selama KH masih ada, kita masih dapat mempelajarinya. Sekali hilang, kita tidak dapat menciptakannya!

3. Kekayaan sumber daya alam (**Ekonomi**)

   Masyarakat mendapatkan sebagian besar dari kebutuhan hidupnya (makanan, pakaian, bahan bakar dan bahan bangunan) hanya dari sejumlah kecil jenis tumbuhan dan hewan. Ada ribuan bahan alami yang dipakai dalam berbagai industri untuk menghasilkan barang kebutuhan sehari-hari. Contoh sederhana adalah kelapa. Buahnya merupakan bahan makanan, dapat dijadikan santan untuk membuat minyak, batang dan tempurungnya untuk bahan bakar, serabutnya menjadi bahan atap atau pengisi kasur, kayunya untuk mebel dan bahan bangunan. Bunga dan daun janurnya untuk hiasan dalam upacara adat.

   Contoh dari laut misalnya rumput laut yang seratnya dapat diproses untuk bahan plastik, bahan odol, sabun, parfum dan zat pewarna dan zat pengawet makanan. Dua contoh sederhana ini menunjukkan bahwa dengan memelihara keanekaragaman kehidupan alam, kita bertindak sebagai pengawal planet, menjaga fungsi dan isinya agar modal alam ini akan tetap tersedia bagi generasi masa depan.

4. Pendukung alam (**Jasa alam, jasa ekosistem atau jasa lingkungan**)

   Para ahli ekonomi dan ekologi boleh dikatakan masih dalam tahap dini dalam hal kemampuan mereka memperkirakan nilai finansial berbagai bentuk dan jenis jasa yang disediakan oleh ekosistem alam yang sehat.

   Misalnya, bakteri dan jasad renik membusukkan bahan organik yang kemudian dapat menyuburkan tanah; fungsi ini vital bagi kelangsungan hidup di planet bumi dan manusia tidak perlu mengeluarkan uang agar fungsi ini berlangsung terus!

   Demikian pula pohon dan tumbuhan menghasilkan oksigen yang vital bagi manusia dan hewan. Hutan menyerap gas karbon dioksida dan menjadi penyangga untuk mencegah pemanasan bumi. Semua fungsi ini kita nikmati secara gratis. Seandainya manusia bisa menggunakan mesin atau teknologi untuk melakukan semua layanan ekosistem, bisa dibayangkan alangkah mahalnya!

5. Menghadapi berbagai risiko di masa depan (**Sikap kehati-hatian**)

   Banyak unsur tumbuhan, hewan atau jasad renik yang belum sepenuhnya kita ketahui fungsinya namun telah punah tanpa kita tahu manfaatnya. Misalnya, beberapa tahun yang lalu seorang peneliti asing menemukan tumbuhan di hutan Kalimantan. Setelah diteliti di laboratorium ternyata kulit batangnya berpotensi untuk menyembuhkan kanker. Namun ketika zat dalam tumbuhan itu akan dikembangkan lebih lanjut, yang tentunya memerlukan bahan mentahnya dari hutan, pohon-pohonnya tidak ada lagi karena hutannya telah ditebang habis.

   Banyak contoh lain kehilangan keanekaragaman hayati yang menunjukkan bahwa keserakahan atau ketidakpedulian di masa sekarang berisiko tinggi di masa depan.

6. Sumber pengetahuan

   Manusia selalu penuh rasa ingin tahu. Kekayaan KH di sekitar kita sangat luar biasa dan menakjubkan. Semua unsur dan interaksi KH yang ada sekarang adalah hasil adaptasi yang berlangsung jutaan tahun lamanya. Keragaman jenis dan sifat genetis yang sangat rumit membangkitkan rasa kagum, apalagi ketika ilmu pengetahuan dapat mengungkapkan dan menjelaskan prosesnya. Karena itulah ilmu dan pelajaran yang bisa kita petik dari

berbagai proses alami yang menghasilkan keragaman hayati tidak pernah akan habis.

Ribuan jenis tumbuhan atau hewan yang belum dikenal di Gorontalo adalah gudang ilmu pengetahuan yang menantang kita untuk menguak dan mempelajari keberadaan dan fungsinya. Akan diperlukan waktu bertahun-tahun dan beberapa generasi untuk mengungkap kekayaan alam ini. Namun laboratorium alam ini perlu dijaga dan tetap tersedia supaya kita dapat mempelajarinya. Misalnya, seratus atau lima puluh tahun yang lalu, burung Maleo merupakan pemandangan sehari-hari di sekitar Gorontalo, demikian juga rusa dan rangkong yang dulu mudah dilihat. Alangkah tragisnya anak-anak sekarang hanya mengenal Maleo dari foto atau namanya saja.

Demikian pula ekosistem darat dan laut di Gorontalo dan di Indonesia. Masing-masing merupakan laboratorium alam yang masih terbuka lebar dan menantang kita semua untuk menyelidikinya. Sudahkan kita menggunakan waktu dan sarana serta daya pikir kita untuk mengenal kekayaan planet satu-satunya yang kita huni?

7. Keindahan dan warisan yang terus hidup

Keragaman alam merupakan keindahan yang memperkaya makna hidup kita. Sejak manusia ada, keindahan alam dan segala isi dan beragam bentuknya membangkitkan rasa kagum di dalam hati dan pikiran kita.

Ribuan bahkan jutaan wisatawan menyisihkan waktu dan banyak uang mengunjungi Indonesia untuk melihat berbagai keajaiban alam yang tidak ada di negeri asal mereka. Mereka mendaki gunung, menelusuri sungai, menjelajahi hutan di taman-taman nasional, mengamati satwa liar dan burung. Mereka menyelam di laut dan terumbu karang untuk melihat keindahan dunia di bawah laut yang menakjubkan. Apa pun kegiatan yang mereka lakukan, mereka terbang ribuan kilometer jauhnya untuk melihat dan mengalami sendiri keajaiban alam.

Indonesia, khususnya Pulau Sulawesi merupakan tujuan wisata alam yang sangat menarik para wisatawan. Tidak seperti penebangan hutan dan penambangan yang hasilnya hanya dinikmati sekali saja, kegiatan pariwisata mendatangkan manfaat ekonomi yang terus menerus bagi negara dan masyarakat yang dikunjungi. Namun ada satu syarat untuk menikmati manfaat ini secara berkelanjutan: kondisinya harus dijaga dari segala kegiatan yang mengancam dan menghancurkannya.

8. Rasa hormat kepada alam (**Etika**)

Setiap jenis tumbuhan dan hewan memiliki hak untuk hidup dan melakukan fungsinya. Hampir semua agama mengajarkan sikap hormat terhadap alam ini. Namun tantangannya adalah menerapkan prinsip-prinsip yang diajarkan dalam agama kita masing-masing dalam suatu tindakan. Tindakan ini sering hanya berhasil ketika dilakukan secara bersama, dalam bentuk aturan yang disosialisasikan dan ada sanksi yang dikenakan bagi mereka yang melanggarnya.

Sebagai anggota masyarakat, kita tahu bahwa kalau alam dapat terus melangsungkan fungsinya, masyarakat juga yang akan menikmati manfaatnya. Rasa hormat terhadap sesama makhluk ciptaan Tuhan barangkali merupakan alasan yang mendasari semua alasan pentingnya melindungi keanekaragaman hayati yang disebutkan di atas.

Contoh-contoh tindakan konservasi keanekaragaman hayati yang dapat dilakukan:

1. Meningkatkan perlindungan satwa liar.
2. Mengembangkan dan menjajaki pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan, khususnya sumber daya yang tidak terbarui.
3. Menguatkan pengelolaan kawasan lindung.
4. Memulihkan habitat alami yang telah rusak.
5. Mengembangkan penelitian cepat karena banyak KH di Gorontalo yang masih belum diketahui.
6. Melibatkan diri dalam pengawasan dan penegakan hukum perlindungan KH.
7. Mengembangkan wira usaha yang berbasis alam – ekowisata dan kompensasi jasa lingkungan bagi masyarakat.
8. Meluaskan pelaksanaan demokrasi dan kewarganegaraan dalam pengelolaan alam.
9. Mengembangkan kerja sama dengan kalangan swasta: dalam pemanfaatan sumber daya yang berkelanjutan dan juga pengurangan dan penanggulangan pencemaran.
10. Menggiatkan 3K – Kepedulian, Keterkaitan dan Konsekuensi – di segala lapisan masyarakat.

AKTIVITAS 23.

Kepentingan keanekaragaman hayati bagi kelangsungan hidup

Dalam aktivitas ini siswa diminta untuk bekerja dalam kelompok kecil (4-5 orang) untuk menyelidiki kepentingan KH bagi kehidupan mereka sehari-hari.

Kelompok 1: Kesehatan (jasmani dan rohani)	**Kelompok 2: Sumber Makanan**
Tanyakan kepada orang dewasa yang kamu kenal, bahan obat-obatan (dari hewan dan tumbuhan) apa saja yang digunakan oleh masyarakat banyak? Apakah ada perubahan mencolok dalam 10 atau 20 tahun terakhir ini? Jika ada, apa saja perubahannya? Lingkungan alam apa yang ada di kotamu yang memberi kesempatan rekreasi untuk memenuhi kesehatan batin masyarakat? Apa saja kegiatan rekreasi di alam yang kamu kenal dan pernah kamu lakukan? Bagaimana perasaan kamu ketika menyaksikan keindahan alam?	Tanyakan kepada orang dewasa yang kamu kenal, bahan makanan (dari hewan dan tumbuhan) apa saja yang merupakan sumber bahan makanan bagi masyarakat. Apakah ada perubahan mencolok dalam 10 atau 20 tahun terakhir ini? Jika ada, apa saja perubahannya Seandainya bahan makanan yang didatangkan dari pulau lain sulit didapatkan, apakah masyarakat di kotamu bisa menghasilkan makanan lokal sendiri?
Kelompok 3: Kegiatan ekonomi lokal	**Kelompok 4: Kegiatan ekonomi global**
Kegiatan pabrik atau industri apa yang kamu ketahui menggunakan KH (dari darat maupun laut) di kota tempat tinggalmu. Apa jenis jasa lingkungan yang diperlukan untuk mendukung kelangsungan kegiatan ekonomi lokal: • Tanah • Air • Hewan	KH sangat penting bagi kehidupan ekonomi nasional, tahukah kamu apa saja barang yang diekspor oleh Indonesia: 1. hasil hutan 2. hasil laut 3. hasil pertanian

Bahan Rujukan

Allen, R. 2006. *Gorontalo: Hidden Paradise*. Snow Publishing. Singapore.

Anonymous. 2013 Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Gorontalo. Pemerintah Daerah Provinsi Gorontalo.

Anonymous. 2001. Lore Lindu National Park, Central Sulawesi: A Visitor's Guide. Directorate General of Forest Protection and Nature Conservation, The Nature Conservancy and USAID.

Anonymous. 2004. Sekilas Taman Nasional Bogani Nani Wartabone. Balai Taman Nasional Bogani Nani Wartabone.

Anonymous. 2005. Materi Pendidikan Lingkungan Hidup Sekolah Dasar: Modul Keanekaragaman Hayati. Hanns Seidel Foundation bekerja sama dengan Universitas Terbuka, Universitas Negeri Yogyakarta, Universitas Kristen Satya Wacana, Universitas Negeri Malang.

Anonymous. 2005. Materi Pendidikan Lingkungan Hidup Sekolah Dasar: Modul Air. Hanns Seidel Foundation bekerja sama dengan Universitas Terbuka, Universitas Negeri Yogyakarta, Universitas Kristen Satya Wacana, Universitas Negeri Malang.

Anonymous. 2005. Materi Pendidikan Lingkungan Hidup Sekolah Dasar: Modul Tanah dan Lahan. Hanns Seidel Foundation bekerja sama dengan Universitas Terbuka, Universitas Negeri Yogyakarta, Universitas Kristen Satya Wacana, Universitas Negeri Malang.

Anonymous. 2005. Materi Pendidikan Lingkungan Hidup Sekolah Dasar: Modul Udara. Hanns Seidel Foundation bekerja sama dengan Universitas Terbuka, Universitas Negeri Yogyakarta, Universitas Kristen Satya Wacana, Universitas Negeri Malang.

Anonymous. 2007. Materi Pendidikan Lingkungan Hidup: Dasar, Strategi dan Metode Pembelajaran. Bahan Bacaan Buku 1 dan 2. Hanns Seidel Foundation. Jakarta

Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2003. Strategi dan Rencana Aksi Keanekaragaman Hayati Indonesia 2003-2020. IBSAP Dokumen Regional.

Badan Pusat Statistik Provinsi Gorontalo. 2013. Provinsi Gorontalo Dalam Angka.

Butler, R. 2011. Hutan Hujan. Mongabay.com (diterbitkan tahun 2012 oleh YOSL-OIC).

Clayton, L.M. 1996. Conservation Biology of the Babirusa (*Babyrousa babyrussa*) in Sulawesi, Indonesia. DPhil thesis, University of Oxford. 223 pages.

Clayton, L.M., D. Darnaedi, J. Tasirin dan H. Suharta. 2012. Biologi Konservasi Hutan Paguyaman di Sulawesi bagian utara. Laporan Akhir Sementara Tiga Tahun November 2009 - Desember 2012.

Clayton, L.M., D. Darnaedi dan J. Tasirin. 2013. Biologi Konservasi Hutan Paguyaman di Sulawesu bagian utara. Laporan Hasil Kerja Tahun 2013.

Clayton, L.M., E.J. Milner-Gulland dan A. Sarjono. 2000. Sustainability of rattan harvests in Northern Sulawesi, Indonesia. Darwin Manual of Plant Conservation in the Tropics, Royal Botanic Gardens, Kew, UK.

Coates, B.J dan Bishop, D.K. 2000. *Panduan Lapangan Burung-Burung di Kawasan Wallacea (Sulawesi, Maluku dan Nusa Tenggara).* BirdLife International-Indonesia Programme dan Dove Publications.

Colbeck, M. dan L.M.Clayton. 2003. *Tempat Istimewa di Dalam Hutan*. (Buku cerita bergambar mengenai kehidupan Babirusa di hutan Paguyaman, Gorontalo).

Conservation International (CI) dan World Wildlife Fund-US (WWF). *Exploring Biodiversity: A Guide for Educators Around the World. www.heritagecouncil.ie/fileadmin/user.../exploring_ biodiversity*.

Dunggio, I. 2005. Zonasi Pengembangan Wisata di Suaka Margasatwa Nantu, Provinsi Gorontalo. Thesis Master (tidak diterbitkan). Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Forest Watch Indonesia/Global Forest Watch. 2001. *Potret Keadaan Hutan Indonesia*. Bogor. Indonesia.

Gunarso, P dan J. Davie. 2000. Biodiversity Conservation in Indonesia: Policy and Politics. *Dalam* Biodiversity and Ecological Economics: Participation, Values and Resource Management. (L. Tacconi, Ed.) Earthscan Publications. London

Holmes, D. dan K. Phillipps. 1999. Burung-Burung di Sulawesi. LIPI – Seri Panduan Lapangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI dan GEF Biodiversity Collection Project.

Kartikasari, S.N, S.Rixecker, S. Espiner, dan C. Colfer. 2009. *Seeing the Forest as More Than Its Trees: Local Stakeholders' Perceptions of Natural Forest Benefits In Gorontalo, Indonesia***.** International Journal of Environmental Policy and Decision Making 10(3/4): 214-230.

Kartikasari, S.N. 2008. Your Biodiversity in My Backyard: Key Local Stakeholders' Perceptions of Biodiversity Conservation in Gorontalo, Indonesia. (Persepsi Para Pemangku Kepentingan Lokal mengenai Konservasi Keanekaragaman Hayati di Gorontalo). Thesis Doktor (tidak diterbitkan) di bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup, Universitas Lincoln, Canterbury, Selandia Baru.

Kartikasari, S.N., A.J. Marshall dan B.M. Beehler. 2012. *Ekologi Papua*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia dan Conservation International. Jakarta (khususnya Bab 7.3 Kawasan Konservasi dan Pengelolaannya dan Bab 7.4: Berbagai Ancaman bagi Keanekaragaman Hayati).

Kinnaird, MF. 1997. *Sulawesi Utara: Sebuah Panduan Sejarah Alam*. GEF-Biodiversity Collection Project dan Yayasan Pengembangan Wallacea.

Lee, R., A.J. Gorog, A. Dwiyahreni, S. Siwu, J. Riley, H. Alexander, G. Paoli dan W. Ramono. 2005. Wildlife Trade and Implications for Law Enforcement in Indonesia: a case study from North Sulawesi. Biological Conservation Volume 123 (4). Pp 477 – 488.

MacKinnon, K. G. Hatta., H. Halim dan A. Mangalik. 2000. *Ekologi Kalimantan*. Prenhallindo. Jakarta

McCarthy, J. C. Barr, IAP Resosudarmo dan A. Dermawan. 2006 Origins and Scopes of Indonesia's Decentralisation Laws. Dalam *Decentralisation of Forest Administration in Indonesia: Implications for Forest Sustainability, Economic Development and Community Livelihoods* (C. Barr, IAP Resosudarmo A. Dermawan dan J. McCarthy, Ed.) Center for International Forestry Research. Bogor

McNeely. 1995 *Biodiversity Conservation in the Asia Pacific Region: Constraints and Opportunities*. Asian Development Bank. Manila.

McNeely. 1996. Conserving Biodiversity: the key political, economic and social measures. Dalam *Biodiversity, Science and Development: Towards a New Partnership* (F. di Catri dan T Younes, Ed). CAB International. London.

Mogea, J.P., J. Gandawidjaja, H. Wiriadinata, R.E. Nasution dan Irawati. 2001. *Tumbuhan Langka Indonesia*. LIPI – Seri Panduan Lapangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI dan GEF Biodiversity Collection Project.

Monk, K.A., Y. De Fretes dan G. Reksodihardjo-Lilley. 2000. *Ekologi Nusa Tenggara dan Maluku*. Prenhallindo. Jakarta.

Mustari, A.H. 1995. Population and Behaviour of Lowland Anoa (Bubalus depressicornis, Smith) in Tanjung Amolengo Wildlife Reserve, South-East Sulawesi, Indonesia. MSc thesis, University of Gottingen, Germany.

Muttaqin, I., D.W. Sinaga, A.H. Mustari, L.M. Clayton dan Z. Laegarusu. 1993. Survey kehidupan Babirusa di Kabupaten Gorontalo, Sulawesi Utara. Laporan kepada Masyarakat Kehutanan Indonesia (MPI) (tidak diterbitkan).

Noor, Y.S., M. Khazali dan I.N.N. Suryadiputra. 1999. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Ditjen PHKA dan Wetlands International Indonesia Programme.

NSW National Parks and Wildlife Service. 2003 Biodiversity for kids: a project initiative under the NSW Biodiversity Strategy.

Sinaga, D.W., A.H. Mustari dan L.M. Clayton. 1998. Laporan peninjauan lokasi Calon Suaka Margasatwa di Wilayah Kabupaten Dati II Gorontalo, Sulawesi Utara. Laporan Departemen Kehutanan dan Perkebunan, Direktorat Jenderal PHPA, Jakarta.

Supriatna, J. dan E. Hendras. 2000. *Panduan Lapangan Primata Indonesia*. Yayasan Obor Indonesia.

Susanti, S. 1998. *Mengenal Capung*. LIPI–Seri Panduan Lapangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI, Darwin Initiative, Wetlands International dan GEF Biodiversity Collection Project.

Suyanto, A. 2001. *Kelelawar Indonesia*. LIPI–Seri Panduan Lapangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI dan GEF Biodiversity Collection Project.

Tacconi, L. (Ed.) 2000. *Biodiversity and Ecological Economics: Participation, Values and Resource Management*. Earthscan Publications. London

Tacconi, L., K. Obidzinski dan F. Agung. 2004. *Learning Lessons for Promoting Forest Certification and Control of Illegal logging in Indonesia.* CIFOR. Bogor

Undang-Undang No. 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya.

United Nations Environment Programme. Global Biodiversity Outlook 2. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

Wandoyo dan W. Wardoyo. 2004. Decentralization of the Forestry Sector: Indonesia's experience. Dalam *Decentralization: Forest, People and Power* (C.J.P Colfer, dan D. Capistrano, Ed.). Earthscan. London

Wells, M., S. Guggenheim, A. Khan, W. Wardojo dan P. Jepson. 1997. *Investing in Biodiversity: A Review of Indonesia's Integrated Conservation and Development Projects*. The World Bank. East Asia Region.

Whitten, A.J. 1987. Indonesia's transmigration programme and its role in the loss of tropical forest. Conservation Biology 1: 239-246.

Whitten, A.J., M. Mustafa dan G.S Henderson. 1987. *Ekologi Sulawesi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Whitten, T., R.E. Soeriaatmadja dan S.A. Afiff. 1999. *Ekologi Jawa dan Bali*. Prenhallindo. Jakarta.

Wiratno, D. Indriyo, A. Syarifudin dan A. Kartikasari. 2001. *Berkaca di cermin retak: refleksi konservasi dan implikasi bagi pengelolaan taman nasional di Indonesia*. FOReST Press, The Gibbon Foundation Indonesia, Departemen Kehutanan, PILI-NGO Movement.

Wood, A., P. Steadman-Edwards dan J. Mang (Ed.). 2000. *The Root Causes of Biodiversity Loss*. Earthscan Publications. London

WRI, IUCN dan UNEP. 1992. *Global Biodiversity Strategy: Guidelines to Save, Study and Use Earth's Biotic Wealth Sustainably and Equitably*. World Resources Institute Publications.

Wulan, Y.C., Y. Yasmi, C. Purba dan E. Wollenberg. 2004. An Analysis of Forestry Sector Conflicts in Indonesia 1997-2003. CIFOR Governance Brief No. 1 Bogor.

WWF. 2012. Living Planet Report 2012 on the Road to + Rio 20. Special Report. WWF.

Yayasan Adudu Nantu International. 2013. Optimalisasi Pengelolaan Kawasan Suaka Margasatwa Nantu, Provinsi Gorontalo. Laporan Tahunan Kegiatan Yayasan Adudu Nantu International Kepada Balai Konservasi Sumber Daya Alam Sulawesi Utara.

Glosarium

Amfibi – hewan bertulang belakang (vertebrata) yang hidup di dua alam; di air dan di daratan.

Atmosfer – lapisan udara yang menyelimuti permukaan bumi hingga ketinggian 16 km. Fungsi utamanya adalah untuk mendukung kehidupan makhluk hidup dengan cara melindunginya dari pancaran energi matahari yang sangat kuat pada siang hari dan mencegah hilangnya panas ke ruang angkasa pada malam hari. Tanpa atmosfer suhu bumi akan meningkat hingga 93,3 ^{o}C pada siang hari dan turun sampai -148,9 ^{o}C pada malam hari.

Avertebrata – makhluk hidup yang tidak memiliki tulang belakang, seperti serangga, siput dan cacing.

Bahan organik – materi yang berasal dari makhluk hidup, seperti tumbuhan (daun, buah, sayuran, rumput, ranting jerami) dan bagian tubuh bangkai hewan yang dapat membusuk dan terurai kembali di dalam tanah. Sampah organik: sampah yang sumbernya dari makhluk hidup; sampah anorganik berasal dari bahan mineral atau benda lain bukan makhluk hidup dan sifatnya tidak dapat membusuk.

Bakteri – kelompok organisme renik (lihat jazad renik) yang terdapat di berbagai habitat dalam jumlah sangat besar, fungsinya beragam dan sangat pening, seperti meningkatkan kesuburan tanah.

Detritus – bahan organik yang mati.

Efek Rumah Kaca – *suatu konsep yang* pertama diusulkan oleh *Joseph Fourier* pada 1824 *untuk menjelaskan proses alami dan peran gas-gas di atmosfer dalam menyalurkan sinar matahari* ke Bumi. Sebagian besar radiasi inframerah yang masuk ke Bumi dipancarkan kembali ke segala arah oleh molekul gas-gas yang ada di atmoster seperti CO_2 dan gas lainnya. Dalam keadaan alami, efek rumah kaca ini sangat penting *dalam menyerap panas dari sinar matahari sehingga menghangatkan bumi dan memungkinkan makhluk hidup untuk melangsungkan kehidupan.* Selain itu efek rumah kaca membuat perbedaan suhu Bumi antara siang dan malam tidak terlalu jauh. *Namun meningkatnya kadar gas rumah kaca akibat kegiatan manusia membuat suhu Bumi menjadi semakin panas (pemanasan Bumi).*

Ekosistem – suatu komunitas yang terdiri dari hewan, tumbuhan dan jazad renik yang saling terkait dan berinteraksi satu dengan yang lain dan dengan lingkungan fisiknya. Contohnya adalah hutan, terumbu karang, sawah, danau. Batang kayu yang busuk juga bisa merupakan suatu ekosistem.

Endemik – keberadaan hewan dan tumbuhan terbatas di daerah atau kawasan tertentu saja dan tidak ditemukan di tempat lain di dunia. Misalnya, Anoa dan babirusa hanya terdapat di Pulau Sulawesi.

Epifit – Tumbuhan yang menumpang pada tumbuhan lain sebagai tempat hidupnya tetapi tidak menghisap zat makanan dari tumbuhan inangnya.

Erosi – hilangnya lapisan tanah atas terutama karena faktor alam, yaitu butir-butir tanah terlarut arus air atau terbawa angin, atau sebagai akibat kegiatan manusia, seperti penggalian bahan tambang.

Eutrofikasi – proses pertumbuhan ganggang (alga) dan tanaman yang berlebihan di suatu badan air (kolam sungai, danau dan pantai) akibat pertambahan zat hara berlebihan yang masuk ke dalamnya dari berbagai kegiatan manusia, seperti pestisida dari kegiatan pertanian.

Evolusi– proses perubahan sifat-sifat makhluk hidup atau populasinya selama suatu kurun waktu ratusan bahkan jutaan tahun.

Fauna – kelompok hewan yang hidup di suatu kawasan tertentu.

Flora – kelompok tumbuhan yang hidup di suatu kawasan tertentu

Fotosintesis – proses yang dilakukan oleh tumbuhan yang memiliki zat hijau daun (klorofil) untuk mengubah gas karbon menjadi zat gula dengan tenaga dari sinar matahari. Proses ini menghasilkan oksigen dan zat gula atau glukosa.

Gas rumah kaca (GRK) – gas-gas yang terdapat di lapisan troposfer, terdiri dari uap air dan karbon dioksida dan gas-gas lain seperti metana. Semua gas ini menyerap panas di atmosfer, menyebabkan efek rumah kaca (lihat penjelasan Efek Rumah Kaca).

Habitat – tipe lingkungan yang merupakan tempat hidup bagi hewan, tumbuhan dan organisme lain untuk mendapatkan hara, air, dan sinar matahari yang dibutuhkan untuk bertahan hidup. Kerusakan dan penyempitan habitat merupakan salah satu penyebab utama kemerosotan keanekaragaman hayati.

Hara – berbagai zat yang diperlukan tumbuhan atau hewan untuk pertumbuhan, pembentukan jaringan dan kegiatan hidup lainnya, diperoleh dari bahan mineral dan bahan organik yang membusuk di dalam tanah.

Herba – tumbuhan tidak berkayu atau yang batangnya lunak karena tidak membentuk kayu.

Hujan asam – salah satu bentuk pencemaran udara karena kadar nitrogen oksida (NO_X) dan sulfur dioksida (SO_2) meningkat dari pembakaran bahan bakar minyak dan batu bara. Kedua senyawa yang masuk ke dalam siklus air ini menyebabkan air hujan menjadi masam.

Jamur – organisme yang menggunakan bangkai hewan atau tumbuhan sebagai sumber makanannya dengan cara menghancurkan dan menyerapnya ke dalam sel-selnya.

Jaring-jaring kehidupan – beberapa rantai makanan (lihat keterangan tentang rantai makanan) yang berlangsung bersamaan di dalam suatu ekosistem.

Jasa lingkungan – bentuk manfaat yang disediakan oleh ekosistem alami. Beberapa contohnya adalah akar pohon menahan tanah dari erosi, daun tumbuhan menyerap gas karbon yang mencemari udara sehingga membuat udara menjadi segar, berbagai jenis serangga membantu penyerbukan tumbuhan berbunga dan peran cacing dalam menggemburkan tanah.

Jasad renik – sering disebut organisme mikro, yaitu makhluk sangat kecil yang terdiri dari satu atau beberapa sel, terdapat di mana-mana dan perannya sangat penting dalam kehidupan. Ada 6 kelompok utama jasad renik: bakteri, virus, jamur, protozoa, alga, dan Archaea.

Jenis asing – sering juga disebut jenis introduksi atau jenis eksotik, yaitu jenis hewan dan tumbuhan yang bukan merupakan warga alami di suatu ekosistem atau lingkungan, umumnya didatangkan dari tempat lain untuk tujuan tertentu, seperti tanaman hias atau tanaman pertanian. Keberhasilan jenis asing menyesuaikan dengan lingkungan barunya sering merugikan jenis hewan atau tumbuhan alami asli.

Keanekaragaman hayati – keragaman makhluk hidup dalam hal bentuk, warna, ukuran, dan fungsi. Keragaman ini terjadi dalam tingkatan gen, spesies dan ekosistem.

Konservasi – perlindungan dan pengelolaan suatu kawasan secara terencana untuk mencegah eksploitasi atau perusakan.

Mamalia – kelompok hewan bertulang belakang yang menyusui anaknya.

Mangrove – salah satu jenis tumbuhan yang hidup di habitat air asin yang dangkal, umumnya memiliki akar lutut yang membantu tetap tegak di lingkungan yang dipengaruhi aliran air pasang surut.

Moluska – hewan bertubuh lunak dengan atau tanpa cangkang, seperti siput, kerang-kerangan, dan cumi-cumi.

Nektar – sari bunga yaitu cairan manis yang kaya gula, dihasilkan oleh bunga dari tumbuh-tumbuhan sewaktu mekar untuk menarik hewan penyerbuk seperti lebah dan merupakan bahan utama untuk madu.

Ozon – (O_3) adalah gas yang terbentuk dari oksigen yang menyerap sinar ultraviolet (ultraungu) dari sinar matahari yang masuk ke Bumi. Lapisan Ozon sangat penting dalam melindungi kehidupan di Bumi tetapi dapat menipis akibat pemakaian zat kimia CFC (klorofluorokarbon) yang digunakan sebagai bahan freon untuk mendinginkan kulkas.

Pemanasan Bumi – suatu teori yang menyatakan bahwa suhu rata-rata bumi meningkat terutama karena emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksia (lihat **Efek Rumah Kaca**).

Pencemaran – masuknya bahan padat, cair atau gas ke dalam suatu lingkungan yang kadarnya melebihi standar normal sehingga membahayakan makhluk hidup di dalamnya. Pencemaran dapat berlangsung secara alami, misalnya karena letusan gunung berapi atau akibat kegiatan manusia seperti pembuangan limbah bahan industri. Pencemaran dapat bersifat fisik, biologis dan kimiawi.

Pengurai – organisme seperti bakteri, jamur dan cacing yang memakan bangkai hewan atau tumbuhan yang membusuk sehingga secara fisik dan kimiawi dapat terurai dan dimanfaatkan oleh tumbuhan.

Penyerbukan – proses pemindahan benang sari dari bunga jantan ke bunga betina pada tanaman yang sama atau berbeda. Proses ini umumnya dibantu oleh serangga, burung, mamalia atau oleh air dan angin.

Pestisida – bahan kimia yang mematikan atau menghambat pertumbuhan makhluk hidup yang tidak diinginkan; fungisida digunakan untuk membasmi jamur; insektisida digunakan untuk membasmi serangga.

Plankton – sekelompok organisme renik, berupa tumbuhan (fitoplankton) atau hewan (zooplankton) yang mengapung atau melayang dalam jumlah besar, baik di perairan tawar maupun asin.

Rantai makanan – proses interaksi antara tumbuhan dan hewan dalam suatu lingkungan hidup yang melibatkan aliran energi dari satu unsur ke unsur lainnya. Misalnya, tanaman padi dimakan oleh belalang, belalang dimangsa oleh tikus, dan tikus dimakan oleh kucing atau ular (lihat juga jaring-jaring kehidupan).

Reptilia – hewan melata yaitu kelompok vertebrata berdarah dingin dan memiliki sisik yang menutupi tubuhnya. Misalnya, buaya, kadal, ular, penyu dan kura-kura.

Sampah anorganik – sampah yang berasal dari bahan mineral atau benda lain yang bukan makhluk hidup dan sifatnya tidak dapat membusuk. Contohnya kaleng, plastik, gelas, cairan kimia seperti minyak, oli, baterai, dan *accu* kendaraan bermotor.

Serasah – dedaunan kering, rerantingan, sisa vegetasi dan kotoran atau bangkai hewan yang menumpuk berupa lapisan bawah di dasar hutan atau kebun. Serasah merupakan habitat yang penting terutama bagi serangga dan hewan lunak di bawahnya.

Siklus karbon – proses di mana karbon dipertukarkan antara tanah, perairan dan atmosfer Bumi yang berlangsung secara biologis, fisik dan kimiawi. Misalnya, dengan bantuan sinar matahari tumbuhan mengubah karbon dioksida di atmosfer menjadi serat yang tumbuh menjadi batang, cabang dan daun.

Terumbu karang – ekosistem pesisir tropis yang terdapat di perairan dangkal yang jernih, hangat (lebih dari 22 ^{o}C), memiliki kadar kapur atau kalsium karbonat ($CaCO_3$) tinggi, meliputi karang hidup dan karang mati yang menempel pada batuan kapur. Ekosistem ini dibentuk oleh binatang karang keras seperti batu atau lunak berukuran sangat kecil, disebut polip, yang dalam jumlah ribuan membentuk koloni yang dikenal sebagai karang.

Lembar Kunci Jawaban untuk Pengajar

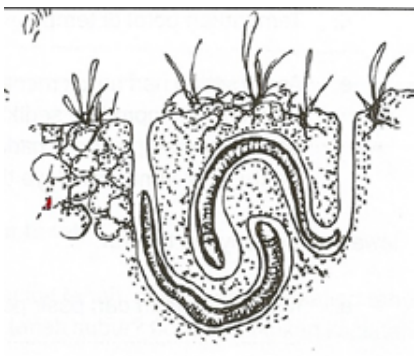
Keterangan dalam kunci jawaban ringkas ini bukan dimaksudkan sebagai jawaban mutlak namun lebih diarahkan sebagai alat bantu bagi para pengajar untuk mengembangkan lebih lanjut bersama siswa, berdasarkan hasil jawaban dari siswa atas pertanyaan-pertanyaan yang terdapat dalam masing-masing aktivitas.

Aktivitas 1.

Keberadaan bahan organik di dalam tanah sangat membantu tanah untuk selalu lembab, membuat zat karbon dan nitrogen tersedia untuk tanaman di atasnya dan membantu tanah menjadi stabil karena tanah yang subur mendukung akar tanaman yang kuat mengikat tanah dan tidak mudah tererosi.

Aktivitas 2.

Manfaat keberadaan cacing di dalam tanah sangat banyak, utamanya adalah:



1. Cacing bergerak di dalam tanah, memakan berbagai bahan organik dan mengubahnya menjadi kotoran padat dan cair yang kaya zat hara yang sangat bermanfaat bagi tanaman di atasnya untuk tumbuh.
2. Karena cacing selalu bergerak dan kadang membentuk terowongan (lihat gambar) maka tanah yang dihuni cacing menjadi gembur dan memudahkan air dan udara untuk bergerak bebas. Menurut riset, tanah yang banyak cacingnya bisa menyerap air empat kali lebih banyak daripada tanah yang tidak bercacing.
3. Tanah yang digemburkan cacing juga memudahkan akar tanaman untuk menjalar dan mengembang.

Tidak adanya cacing mungkin disebabkan oleh beberapa hal. Misalnya, tanah padat dan tidak mengandung bahan organik sehingga tidak ada makanan bagi cacing. Selain itu tanah mungkin tercemar pestisida. Untuk 'mengundang' cacing kembali ke tanah, ada beberapa hal yang dapat dilakukan, seperti mendatangkan cacing dari tempat lain dan menambah bahan organik di tanah (pot, halaman rumah atau halaman sekolah) sehingga cacing selalu mendapat makanan sehingga bisa hidup.

Aktivitas 3.

Semakin banyak fauna yang terdapat di dalam tanah, kualitas tanah akan semakin baik karena semua bahan organik yang ada di dalamnya dimanfaatkan secara berbeda oleh makhluk hidup yang berbeda. Dengan demikian serangkaian jaring-jaring kehidupan bisa berlangsung dan semua unsur di dalam tanah dapat dimanfaatkan dan didaur-ulang untuk kepentingan tumbuhan dan hewan (lihat keterangan mengenai **Fauna Tanah** di akhir bagian **Aktivitas 3**). Kelangkaan fauna tanah menjadi petunjuk miskinnya ekosistem tanah di suatu tempat.

Beberapa contoh manfaat hewan-hewan tanah

Cacing – lihat keterangan di halaman sebelumnya

Kumbang berperan sebagai pengendali alami karena matanya yang tajam dan kaki serta rahangnya yang kuat mampu mengoyak serangga hama yang ada di dalam tanah dan memakan ulat dan telur serangga bahkan siput telanjang juga bisa dimakannya.

Luwing (kaki seribu) hanya menyukai tanah yang lembab dan banyak bahan organiknya. Keberadaan luwing menjadi petunjuk kesehatan tanah karena luwing tidak menyukai tanah yang gersang dan tercemar bahan kimia. Luwing memakan sampah organik, walaupun banyak orang jijik melihatnya (yang melingkarkan tumbuhnya kalau disentuh), luwing tidak berbahaya dan bermanfaat bagi manusia.

Semut bermanfaat untuk menjaga tanaman dari serangan hama dan penyakit, karena memangsa hama yang secara langsung merusak tanaman atau menyebarkan penyakit pada tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semut merah atau semut rangrang dapat memangsa berbagai jenis hama tanaman seperti: ulat pemakan daun, ulat pemakan buah dan berbagai jenis kutu-kutuan pada tanaman coklat, mete dan jeruk. Semut juga berperan sebagai pengolah tanah, misalnya pada saat pembuatan sarang secara tidak langsung memengaruhi tekstur tanah untuk tetap gembur yang pada gilirannya mempercepat proses penguraian bahan organik.

Siput dan **siput telanjang** (tanpa rangka) memakan bahan hewan dan tumbuhan yang membusuk dan kotorannya dapat menjadi pupuk bagi tanah.

Avertebrata di sekitar kita:

1. Kupu-kupu	10. Laba-laba
2. Siput	11. Lalat
3. Kumbang tanah	12. Capung
4. Kepik	13. Kumbang koksi
5. Semut	14. Undur-undur
6. Ngengat	15. Siput telanjang
7. Luwing (kaki seribu)	16. Belalang
8. Lebah	17. Hewan lain?
9. Kecoa	18. Hewan lain?

Aktivitas 4.

1. Tanah yang tererosi membuat akar tersingkap dan membuat pohon di atasnya lama-kelamaan akan tumbang karena kehilangan dukungan.
2. Air hujan yang turun ke tanah yang tidak tertutup tumbuhan membuat butiran tanah terlepas dan mudah larut oleh gerakan air atau angin di atasnya. Dalam kondisi ini lapisan tanah atas yang subur akan tersingkap dan terpapar sinar matahari, dan akan hilang sehingga tanah sisanya menjadi tidak subur. Karena tidak ada tumbuhan dan serasah di atas lantai hutan, maka air hujan yang jatuh tidak terserap tanah dan langsung mengalir ke permukaan dan mengalir langsung ke sungai dengan membawa butir-butir tanah. Jumlah air hujan yang langsung mengalir ke aliran sungai menjadi sangat banyak sehingga kekuatan alirannya dapat menimbulkan banjir dan menggerus pinggiran tepi sungai serta menyebabkan erosi.
3. Pohon dengan perakaran seperti ini umumnya tumbuh di batas perairan dan daratan, seperti rawa payau atau hutang mangrove, yang tanahnya lembek.
4. Peran akar sangat penting untuk mendukung pohon tetap berdiri walaupun digoyang oleh gerakan air pasang surut atau ombak di pesisir.

Tempat	Kegiatan yang menyebabkan erosi	Apa upaya mencegah erosi yang kamu ketahui
Tanah berlereng	Penebangan pohon di lereng	Pertanian berteras, lereng ditanami dengan tumbuhan berakar dalam.
Di hutan	Penebangan pohon dan tumbuhan, penggalian untuk tambang	Menanami kembali pohon merambat lainnya yang mengurangi tekanan dari butiran curah hujan langsung ke tanah.
Di tepi sungai atau pantai	Aliran air yang kuat dalam jumlah banyak (banjir) khususnya jika tidak ada pepohonan yang akarnya menahan kekuatan gerakan air	Melindungi pohon-pohon pelindung di tepi sungai atau pantai, menanami kembali pohon yang tumbang atau memperbanyak pohon berakar dalam.

Aktivitas 5.

4a. Kalau sampah organik lebih banyak maka dapat dikumpulkan dalam tempat terpisah, ditumpuk atau ditanam di dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan untuk menjadi pupuk hijau atau kompos.

4b dan 5. Kalau sampah anorganik lebih banyak, jenis sampahnya perlu dipisah lebih lanjut untuk dimanfaatkan lagi (daur ulang) atau dikubur di dalam tanah atau dengan cara lain sehingga tidak menumpuk dan menjadi bahan pencemar.

6. Sebanyak mungkin menggunakan tas dari kain yang bisa dipakai berkali-kali dan dicuci untuk belanja daripada menggunakan tas plastik yang sekali pakai langsung dibuang. Misalnya, mengurangi

pembelian barang yang menghasilkan sampah anorganik dan memakai ulang barang yang dibuat dari bahan anorganik. Siswa dapat didorong untuk disiplin dalam perilaku membuang sampah dan mungkin dapat membuat fasilitas sederhana untuk pembuangan sampah secara terpisah. Siswa juga dapat menulis surat kepada kepala desa/camat atau bupati untuk menyediakan fasilitas pengelolaan sampah yang dapat melibatkan anggota masyarakat luas (lihat 10 kiat dalam **Aktivitas 7** – Ayo kita lakukan bersama).

7. Kembangkan diskusi mengenai cara mengatasi masalah sampah berdasarkan masalah yang dipikirkan oleh siswa dalam kolom "Masalah".

Aktivitas 6 dan 7.

Lihat penjelasan dalam Aktivitas 5.

Aktivitas 8.

1. Dengan bantuan panas dari sinar matahari air menguap dari permukaan tanah dan tumbuhan, laut atau sungai.
2. Uap air membentuk awan dan digerakkan oleh angin. Sambil bergerak uap air dapat menyerap gas lain atau benda padat sehingga menjadi berat atau jenuh.
3. Awan yang jenuh kemudian menjadi bintik-bintik air yang turun alam bentuk hujan.
4. Di tempat-tempat yang sangat dingin tetesan uap air ini berbentuk salju atas es.
5. Tetesan air hujan jatuh ke permukaan tanah dan bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan dan juga mengalir di permukaan tanah.
6. Air bergerak di atas permukaan tanah dekat dengan aliran utama dan danau; makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka semakin sedikit air yang terserap dan yang mengalir sebagai aliran permukaan semakin besar.
7. Air permukaan, baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa), dan sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut.
8. Kemudian berulang kembali ke tahap 1.

Aktivitas 9.

1. Mandi, wudhu, memasak, sikat gigi, mencuci pakaian, menyiram tanaman, mengepel lantai dll.
2. Sumber air: sumur, air ledeng, air sungai
3. (a) septik tank, lubang pembuangan, ke selokan; (b) selokan, dibiarkan di halaman rumah; (c) masuk ke dalam tanah.
4. (b) irigasi tanaman di sawah, kalau menggunakan pupuk dalam jumlah yang berlebihan mungkin pupuknya mengalir ke sungai; (c) mungkin kegiatan industri rumah tangga atau pengolahan rotan?
5. (a) sampah plastik, kaleng dan berbagai macam sampah dari rumah tangga, mungkin juga ada sampah tumbuhan atau sampah cair dari kegiatan pabrik; (b) pencemaran dari cairan mungkin

sulit dilihat, tetapi pencemaran berupa minyak akan terlihat (misalnya minyak oli yang dibuang dari bengkel mengapung di permukaan air).

6. (a dan b) Selokan atau sungai yang penuh sampah akan berkurang kemampuannya menampung aliran air dan tidak berfungsi mengalirkan air hujan dan air buangan rumah tangga. Sungai dan selokan menjadi tersumbat dan ketika curah hujan tinggi maka air akan meluap dan menjadi banjir; (c) efek pada danau seperti yang terjadi di sungai, berkurang kemampuannya menampung air dan kehadiran sampah dapat mematikan hewan dan tumbuhan yang hidup di danau. Pembuangan sampah, khususnya plastik di banyak tempat terbukti mematikan atau mencekik hewan seperti penyu. Permukaan pantai dan laut yang tertutup sampah mengurangi sinar matahari yang masuk ke dalamnya, yang diperlukan oleh hewan dan tumbuhan laut.
7. Salah satu penyebabnya mungkin tidak peduli, yang menganggap tempat umum bukan miliknya sehingga tidak peduli untuk memeliharanya. Mungkin juga karena tidak memahami apa yang terjadi dengan sampah organik dan yang anorganik atau mungkin tidak ada fasiltas pembuangan sampah yang mudah terlihat dan mendorong orang untuk membuang sampah di tempatnya.
8. Gerakan massal untuk mengelola sampah secara bertanggung jawab, saling mengingatkan untuk membuang sampah di tempatnya, menghidupan lomba kebersihan dan keasrian lingkungan hidup.

Aktivitas 10.

1. Peran daun, ranting dan tumbuhan pemanjat hampir sama, yaitu menyerap sebagian air hujan dan memperlambat perjalanan air hujan untuk tidak langsung ke permukaan tanah sehingga tidak sekaligus mengalir di permukaan dan menjadi banjir. Keberadaan air ini juga membantu menjaga kelembaban lingkungan hutan.
2. (a) mengalir cepat di permukaan tanah, lalu mengalir langsung ke sungai; (b) banjir dan erosi tanah; (c) udara akan menjadi panas dan air yang ada di dalam tanah akan menguap dan hilang tanpa dimanfaatkan oleh masyarakat; air sungai menjadi sangat berkurang dan bahkan kering, khususnya di musim kemarau; banjir ketika musim hujan, menimbulkan berbagai macam kerusakan.
3. (a) Umumnya penanaman benih membutuhkan air. Kalau air terlalu banyak dalam tahap ini biji atau benih akan membusuk, tetapi kalau air tidak cukup, biji akan kering dan lambat tumbuhnya; (b) untuk tanaman padi, umumnya tanaman muda perlu digenangi air dalam jumlah yang konstan tetapi kebutuhan air berkurang ketika tanaman mulai menghasilkan padi; (c) masa awal pertumbuhan; (d) proses ini mungkin berbeda untuk tanaman lain seperti jagung, jika air tidak cukup mungkin biji yang dihasilkan hanya sedikit dan tidak maksimum; (e) hujan lebat di awal musim tanam mungkin membuat benih menjadi busuk; (f) petani menyirami tanaman dengan air.

Aktivitas 11.

1. Penebangan pohon dan membiarkan tanah tersingkap mengurangi kemampuan hutan dalam menyerap dan menahan sebagian air hujan yang jatuh ke tanah. Akibatnya, air yang mengalir

ke dalam tanah berkurang dan hal ini memengaruhi aliran air ke sungai secara perlahan yang sangat penting ketika musim kemarau, air inilah yang menjadi persediaan air yang mengalir ke sungai.

2. Limbah yang dibuang langsung ke sungai sering berbau menyengat dan bahan kimia mungkin memengaruhi kehidupan hewan (ikan, burung, serangga dll.) yang menggunakan air yang tercemar.
3. Lihat kunci jawaban dalam Aktivitas 5.

Gambar A. Kegiatan: (a) membuang sampah, kakus dengan tinja dan air kencing yang langsung masuk ke sungai. Akibatnya bagi orang yang menggunakannya: penyakit kulit dan sakit perut, kalau air digunakan untuk menyiram tanaman sayuran mungkin zat kimia yang ada di dalamnya akan ikut termakan dalam sayuran yang dimakan; (b) hewan kekurangan oksigen dan sinar matahari yang mereka perlukan untuk hidup, kemungkinan akan mati, tetapi air yang tidak bergerak dapat menjadi sarang perkembangbiakan nyamuk atau tikus; tumbuhan mungkin akan terhambat pertumbuhannya atau mati karena air tercemar, tetapi tumbuhan gulma mungkin akan merajalela.

Gambar B. Air sungai yang tercemar dan digunakan untuk kebutuhan mencuci dan bahkan mandi dan menggosok gigi akan menyebabkan berbagai gangguan kesehatan seperti penyakit kulit dan perut.

Gambar C. Air sungai atau laut yang tercemar dapat menyebabkan peledakan pertumbuhan alga yang menguras oksigen yang dibutuhkan oleh ikan, bakan dapat menimbulkan kematian ikan secara massal karena tercemar seperti pada contoh di Teluk Jakarta beberapa tahun yang lalu atau kasus Teluk Minamata yang terkenal di Jepang. Bahan pencemar yang ada di dalam ikan akan menumpuk, dan pada gilirannya pencemar di dalam ikan yang dimakan oleh manusia ini bisa menimbulkan sejumlah penyakit.

Kalau hutan tidak ada lagi, masalah yang mungkin akan kita alami	**Jalan keluar yang kami pikir dapat mengatasi masalah ini ….**
1. Kehilangan sumber kayu dan rotan dan tanaman lain yang sudah diketahui manfaatnya maupun yang belum.	Dengan segala upaya dan kerja sama, meningkatkan perlindungan kawasan hutan yang masih ada dengan cara menegakkan peraturan dan mengenakan sanksi bagi pelanggar peraturan kehutanan. Meningkatkan pemahaman anggota masyarakat mengenai beragam fungsi hutan bagi kelangsungan pembangunan. Mendorong sejumlah kegiatan pendidikan dan penelitian untuk mengetahui kekayaaan hutan sehingga komitmen untuk melindunginya dapat digalang dari berbagai kalangan masyarakat, demikian juga pengawasan terhadap berbagai kegiatan yang diketahui mengancam kelangsungan hutan dan keanekaragaman hayati di dalamnya. Ketika hutan akan diubah fungsinya, mendorong warga masyarakat untuk menyuarakan nilai hutan bukan hanya dari nilai ekonomi saja, tetapi dari manfaat luas lainnya (lihat Bab 7 mengenai Jasa Lingkungan Hidup)
2. Kehilangan kemampuan untuk menyerap bahan pencemar seperti karbon dioksida dari pembakaran minyak dan kendaraan bermotor	
3. Kehilangan kemampuan untuk menyerap dan menyimpan karbon dari butir 2 yang bisa bermanfaat dalam jangka panjang karena hutan menghasilkan kayu	
4. Beragam hewan dan tumbuhan lain akan kehilangan tempat tinggal (habitat), sumber makanan dan tempat berlindung dan akhirnya akan punah	
5. Lingkungan sekitarnya menjadi panas dan rentan bencana alam seperti kebakaran, kekurangan air dan banjir	
6. Kehilangan kemampuan untuk menyerap air hujan dan mengendalikan pergerakan air tawar.	

Aktivitas 12.

1. Gas yang dibutuhkan: oksigen; gas yang dibuang karbon dioksida.
2. Tumbuhan.
3. (a) zat hijau daun atau klorofil; (b) foto artinya cahaya (matahari), sinstesis artinya pemaduan; fotosintesis adalah proses penyerapan cahaya matahari oleh tumbuhan berhijau daun yang mengubah karbon dioksida dan air menjadi zat gula (disebut juga karbohidrat atau serat); (c) oksigen dan zat gula; (d) tumbuhan menyerap gas-gas yang mengotori udata dan mengubahnya menjadi oksigen yang menyegarkan.
4. Tanpa tumbuhan manusia tidak akan mampu melangsungkan kehidupan, karena tidak ada yang dapat mengubah gas pencemar menjadi oksigen, membersihkan udara dan menjadi sumber makanan, bahan obat dan bangunan serta banyak sekali kebutuhan yang disediakan oleh tumbuhan. Hewan juga akan mengalami kerugian yang mirip dengan yang akan dialami oleh manusia. Tanpa tumbuhan lingkungan hidup akan menjadi gersang, udara kotor penuh bahan pencemar, dan tanah tanpa pelindung dari kekuatan air hujan. Pada gilirannya semua kehidupan akan mati.

Aktivitas 13.

1. Di daerah perdesaan, misalnya pembakaran ladang atau hutan, penggunaan kayu bakar di rumah tanpa lubang ventilasi, di perkotaan pencemaran udara mungkin dari kendaraan bermotor, asap dari kegiatan pabrik.
2. Udara sejuk karena bahan-bahan pencemar diserap oleh tumbuhan dan dengan bantuan sinar matahari dan uap air diubah menjadi oksigen yang bermanfaat bagi manusia. Binatang mendapatkan makanan dan oksigen untuk hidup, yang pada gilirannya menyediakan bahan makanan bagi manusia dan kotorannya menajdi pupuk.
3. (a) Pembakaran hutan dalam skala besar menyebabkan kabut asap tebal yang mengganggu pernafasan manusia dan bahkan merugikan dan membahayakan kegiatan penerbangan; (b dan c) pembakaran akan membuat udara di sekitar menjadi lebih panas karena keteduhan yang tersedia oleh pohon-pohon menjadi lenyap, asap dan debu dari pembakaran dapat terbang pada jarak yang jauh dengan sejumlah akibat seperti disebutkan dalam butir (a).
4. Jawaban dalam pertanyaan 3 dapat membantu mengisi tabel.

Aktivitas 14.

1. Gas-gas yang dikeluarkan oleh tumpukan sampah dan berbau busuk bisa menyebabkan sakit kepala atau perut mual.
2. Sesak napas dan pengap, kepala menjadi pusing.
3. Kepala terasa pusing, asap pekat dari bahan pencemar membuat sulit bernafas.
4. Kepala terasa pusing, asap dari rokok terhisap oleh orang yang tidak merokok juga. Bagi anak-anak asap rokok yang terhisap diduga dapat menangganggu perkembangan otak.

Aktivitas 15.

1. B; 2. C; 3. B; 4. A; 5. B; 6. C; 7. C

Aktivitas 16.

Di lapisan tajuk hutan
1. B; 2. B; 3. B; 4. B; 5. B; 6. S; 7. S; 8. B; 9. B

Pemburu dan pemangsa
1. S; 2. B; 3. S; 4. S; 5. B; 6. B; 7. B; 8. S; 9. B; 10. B; 11. B.

Bentuk penyamaran
1. B; 2. B; 3. S; 4. S; 5. B; 6. S; 7. S ; 8. S ; 9. S.

Di dasar hutan
1. B; 2. B; 3. B; 4. B; 5. B; 6. B; 7. S; 8. B; 9. B; 10. B; 11. B; 12. B; 13. B; 14. S; 15. B.

Aktivitas 17.

Jawaban ini adalah untuk gambar pertama: Unsur-unsur keanekaragaman hayati: Tumbuhan (pohon, perdu, rumput, tumbuhan berbunga, tanaman di kolam); Hewan (burung, kupu-kupu; kucing, ikan, kodok).

Produksi dilakukan oleh semua tumbuhan walaupun hasilnya tidak selalu tampak. Konsumsi: Manusia dan kucing memakan ikan; kodok memakan nyamuk atau serangga lainnya. Penguraian: tidak terlihat di gambar, dilakukan oleh bakteri dan jamur serta hewan kecil lain di dalam atau permukaan tanah.

Ketiga gambar selanjutnya dapat mengikuti cara ini, gambar kedua memperlihatkan hewan-hewan kecil di dalam tanah yang berfungsi penting untuk penguraian.

Aktivitas 18.

1. Ekosistem menghasilkan barang (ikan, karang) dan jasa (perlindungan lingkungan dari benturan gelombang laut, lingkungan hidup bagi karang dan ikan karang, jasa rekreasi seperti menyelam di bawah laut dan *snorkling* – menikmati keindahan kehidupan ikan dan terumbu karang menggunakan masker dan alat bernafas yang disebut *snorkle*).
2. Persepsi mengenai manfaat hutan. Tujuan utamanya adalah bukan mendapatkan jawaban yang benar tetapi menilai persepsi atau pendapat siswa masing-masing dan secara berkelompok mengenai manfaat hutan.

3. Jasa lingkungan mangrove: akar pohon melindungi tanah dari erosi karena gerakan air pasang surut; kepiting menggali lubang yang memungkinkan pertukaran oksigen untuk hewan yang hidup di dalam tanah; banyak ikan di mangrove yang merupakan makanan burung, pohon mangrove menghasilkan kayu yang kuat untuk bangunan atau kayu bakar.
4. Tumbuhan di perkotaan menyediakan keasrian dan suasana yang teduh di tengah kesibukan dan kemacetan, menyerap gas-gas pencemar dan beberapa jenis pohon mungkin menyediakan makanan dan tempat bersarang bagi serangga dan burung.

Aktivitas 20.

Mengubah hutan menjadi kebun jagung atau kelapa sawit memang dapat memberikan manfaat ekonomi dari satu jenis tumbuhan saja sementara efeknya akan mengurangi keanekaragaman hayati dan berbagai fungsi hutan yang sangat bermanfaat akan hilang, atau tidak dapat disediakan oleh ekosistem kebun jagung yang tidak dapat berfungsi seperti hutan.

Pembakaran hutan untuk membuka ladang baru – kegiatan pembakaran yang tidak terkendali sering menimbulkan banyak kerugian, sementara ladang baru yang dari hutan kesuburan tanahnya tidak bagus dan hanya mampu bertahan selama beberapa musim panen saja.

Penangkapan satwa liar untuk dipelihara atau dijual dagingnya – satwa liar yang langka yang terus diburu akan berkurang jumlahnya, pada gilirannya mereka tidak dapat berkembang biak dan akhirnya akan punah.

Aktivitas 23.

Kelompok 1.
Perubahan mencolok yang jelas terlihat mungkin luas hutan yang berkurang atau hutan-hutan yang menjadi gundul, kondisi pendangkalan Danau Limboto, kondisi sungai yang berkurang jumlahnya dan aliran airnya, kejadian banjir yang semakin sering.

Lingkungan untuk rekreasi: pantai di pesisir utara dan selatan Gorontalo, bukit-bukit, taman nasional, sungai dan kegiatan memancing, danau dan kegiatan wisata alam serta wisata budaya.

Perasaan terpesona ukuran pohon, beragam makhluk hidup, keindahan alam dan tumbuhan, air terjun, beragam burung dan kupu-kupu yang berwarna-warni atau serangga lainnya.

Kelompok 2
Sumber bahan makanan lokal misalnya jenis jagung lokal yang dulu jauh lebih banyak untuk kepentingan berbeda, mungkin juga ada buah-buahan lokal yang dulu sangat banyak tetapi sekarang tidak ada lagi.

Bahan-bahan makanan lokal seperti: sayuran, daging (sapi, kambing, ayam), telur, beras atau sumber bahan makanan pokok lain diperlukan setiap hari (bawang, cabe dan rempah-rempah lainnya) yang dapat tumbuh dan memenuhi kebutuhan gizi untuk kesejahteraan masyarakat Gorontalo.

Kelompok 3
Jasa lingkungan yang diperlukan untuk kegiatan industri: tanah yang subur dan mendapat air yang cukup untuk menanam tanaman (jagung, padi, kelapa); hewan mengerjakan sawah (kerbau, misalnya); serangga untuk menyerbuki tanaman buah-buahan.

Kelompok 4 – beberapa contoh yang dapat membantu siswa:
Hasil hutan yang diekspor oleh Indonesia: kayu bulat, kayu lapis, kayu gergajian, pulp dan kertas, berbagai produk ukiran jati dan barang-barang yang dibuat dari rotan, madu, getah, damar dan kemenyan untuk industri.

Hasil laut: berbagai jenis ikan (tuna, cakalang), udang, lobster.

Hasil pertanian dan perkebunan: kopi, teh, coklat, lada, karet.

Ani Kartikasari meraih gelar doktornya di Lincoln University Selandia Baru di bidang pengelolaan lingkungan hidup, dengan disertasi mengenai persepsi pemangku kepentingan di Gorontalo tentang konservasi hutan. Sebelumnya lulusan dari Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor dan Master of Philosophy dari University of Cambridge di Inggris ini bekerja di berbagai lembaga penelitian dan pembangunan international sebagai konsultan, peneliti, penulis, penerjemah dan editor buku, antara lain *Seri Ekologi Indonesia*, *Seri Panduan Lapangan Flora dan fauna Indonesia* serta puluhan buku dan tulisan lainnya di bidang konservasi alam dan pengelolaan lingkungan hidup.

Lynn Clayton meraih gelar Doctor of Philosophy dari University of Oxford, Inggris, dengan disertasi mengenai ekologi Babirusa di Sulawesi. Gelar Master dan sarjana di bidang zoologi juga diraihnya dari universitas yang sama. Sejak menyelesaikan program doktornya tahun 1996 penulis mengembangkan penelitian pascadoktoral di bidang Biologi Konservasi di University of Oxford dan University of London (Imperial College). Demi mendukung kelangsungan pembangunan di Gorontalo selama dua puluh tahun penulis mengupayakan konservasi hutan dan keanekaragaman hayati yang istimewa di provinsi ini. Dedikasinya bagi konservasi keanekaragaman hayati mendapatkan sejumlah perhargaan lokal dan internasional, seperti *Moawota Award* untuk pelayanan masyarakat di Gorontalo dan *Whitley Awards* selama dua kali.

Gagasan awal yang disusul dengan usaha dan tindakan nyata bertahun-tahun dengan melibatkan begitu banyak bidang pengetahuan baru, begitu banyak lembaga, begitu banyak halangan dan pengorbanan, yang diakhiri dengan lahirnya buku tentang lingkungan hidup yang dirancang untuk menyiapkan generasi muda sejak awal usia remajanya menapak jalan terjal abad-21 ini, patut diapresiasi semua pihak.

Buku ini diawali dengan informasi tentang keprihatinan ilmuwan global tentang planet bumi beserta seluruh kehidupan dan lingkungannya yang diwariskan oleh tradisi, budaya dan peradaban manusia hingga akhir abad-20. Dari segi ilmiah bahan-bahan yang dicakup dalam buku ini menarik karena bersumber dari hasil penelitian saintifik dengan pendekatan "berbasis-luas", yang mencerminkan kemutakhiran dalam sistem ilmu pengetahuan. Pendekatan ini memudahkan untuk melihat keterkaitannya dengan berbagai aspek lain yang terajut dengan kompleks seperti kepentingan kelompok masyarakat politik, ekonomi, sosial, baik di tingkat pedesaan maupun perkotaan.

Lebih dari itu, sejumlah penelitian yang tercakup dilaksanakan di dunia nyata di lingkungan lokal di Suaka Margasatwa Nantu, Provinsi Gorontalo, yang menghasilkan temuan-temuan menakjubkan ketika mempelajari kehidupan tumbuhan dan binatang, yang ternyata tidak terdapat di manapun di dunia. Dengan demikian prestasinya setara dan memperkaya temuan-temuan ilmuwan masyhur di dunia, Alfred Russel Wallace, yang merintis penelitian di Sulawesi, dan hasilnya dipublikasikan di tingkat internasional 145 tahun yang lalu!

Kelebihan penelitian di Gorontalo ini dibandingkan dengan yang dikerjakan Wallace adalah cakupannya. Bila Wallace hanya berpijak pada ilmu-ilmu dasar (biologi lalu kemudian diperluas dengan geologi), penelitian berbasis luas di Gorontalo ini mencakup pondasi disiplin ilmu lainnya, sosial, politik, ekonomi, hukum, bahkan humaniora. Sebagai contoh, dalam aspek politik dan hukum, harus dikembangkan pada tingkat lebih tinggi hingga Universitas, untuk menciptakan program-program yang melatih kemampuan mahasiswa merancang kebijakan-kebijakan pembangunan dalam berbagai bidang yang terkait dengan ilmu-ilmu alam dan teknologi, termasuk lingkungan hidup. Kemampuan seperti ini diperlukan bagi mereka yang bercita-cita berkarier dalam bidang politik, hukum, dan pemerintahan agar sanggup menjawab tantangan abad-21.

Buku berisi materi pendidikan yang dirancang untuk memotivasi generasi belasan tahun ini sebenarnya mengandung dasar-dasar pengetahuan baru yang diperlukan juga oleh orang dewasa, bahkan mereka yang sekarang sudah menjadi praktisi di berbagai bidang, tetapi belum pernah mengecap pendidikan moderen sebelumnya.

Ary Mochtar Pedju (Anggota Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia, AIPI)

Saya menyambut hangat dan mendukung sepenuhnya kehadiran buku panduan ini sebagai materi pendidikan konservasi untuk siswa sekolah dasar dengan fokus lingkungan hidup di Pronvinsi Gorontalo. Sulawesi merupakan kawasan istimewa yang sangat penting bagi konservasi keanakaragaman hayati global, khususnya karena keunikan faunanya: 62% dari semua hewan menyusui dan 34% burung di pulau ini tidak terdapat di lokasi lain manapun di dunia. Meningkatnya kesadartahuan mengenai nilai penting keanakaragaman hayati dan pemahaman mengenai lingkungan fisik yang mendukung kehidupan merupakan fondasi yang penting bagi kelangsungan pembangunan masyarakat. Mengajarkan bahan-bahan yang tercakup dalam buku ini sangat strategis untuk menggalang generasi baru dan warga negara yang berpengetahuan dan terampil untuk melindungi sumber daya alam yang vital bagi kehidupan bangsa. Semoga materi dalam buku ini dapat dimanfaatkan sepenuhnya oleh para guru dan siswa untuk mengajar dan belajar mengenai lingkungan hidup di Gorontalo.

Dr. Jatna Supriatna, ilmuwan biologi dan pejuang konservasi alam terkemuka dan dosen senior di Universitas Indonesia, Anggota AIPI

SOS
SAVE OUR SPECIES
ADM CAPITAL FOUNDATION
People and Plants international