

Riana Yani • Musarofah
Tintin Atikah • Widi Purwianingsih



BIOLOGI 1

Kelas X SMA dan MA



Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional

Riana Yani • Musarofah • Tintin Atikah • Widi Purwianingsih

BIOLOGI 1

SMA dan MA Kelas X



Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional



Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
dilindungi Undang-undang

B I O L O G I 1
SMA dan MA Kelas X

Penulis : **Riana Yani**
Musarofah
Tintin Atikah
Widi Purwianingsih
Penelaah : **Djamhur Winatasasmita**
Editor : **Pipih Latifah**
Desain Sampul : **Gyun Slamet**
Ilustrator : **Rochman Suryana**
Perwajahan : **Pepen S.**
Ukuran Buku : **17,5 x 25 cm**

574.07
BIO Biologi 1 : Kelas X SMA dan MA / Riana Yani... [et al] ;
editor, Pipih Latifah ; ilustrator Rochman Suryana.
— Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vi, 318 hlm. : illus. ; 25 cm

Bibliografi : hlm. 308-309

Indeks

ISBN 978-979-068-831-5 (nomor jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-834-6

I. Biologi-Studi dan Pengajaran I. Pipih Latifah
II. Rochman Suryana III. Riana Yani

**Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit PT. Remaja Rosdakarya**

**Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009**

Diperbanyak oleh

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2009, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Juni 2009
Kepala Pusat Perbukuan

KATA PENGANTAR

Ilmu pengetahuan, baik ilmu pengetahuan alam maupun ilmu pengetahuan sosial serta teknologi, akhir-akhir ini berkembang sangat pesat dan masih terus akan berkembang. Hal ini menuntut Biologi sebagai ilmu dasar dan ilmu murni serta sebagai salah satu bidang IPA untuk dapat berperan dan mengikuti perkembangan tersebut.

Salah satu tujuan pembelajaran Biologi di SMA adalah mengembangkan kemampuan berpikir analitis untuk memecahkan konsep-konsep Biologi dikaitkan dengan contoh-contoh yang ada di lingkungan sekitar yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari. Untuk mengembangkan keterampilan proses dalam memperoleh konsep-konsep Biologi dan menumbuhkan nilai dan sikap ilmiah, kami sajikan beberapa kegiatan, eksperimen maupun noneksperimen. Selain itu, buku ini dikembangkan dengan pendekatan deduktif dan pada bagian-bagian yang dianggap perlu, penulis lakukan pendekatan induktif. Pada bagian awal setiap bab terdapat peta konsep untuk memudahkan para siswa mengetahui materi yang akan dibahas pada bab tersebut, dilengkapi pula dengan rangkuman dan kata kunci yang memuat kata-kata yang perlu dipahami. Selain itu, pada setiap akhir bab, akhir semester, dan akhir tahun dilengkapi evaluasi yang sesuai dengan tiga ranah evaluasi, yaitu kognitif, afektif, dan psikomotorik.

Harapan penulis semoga buku ini akan sangat bermanfaat, baik untuk guru maupun untuk para siswa. Akhir kata, kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendorong dan membantu terwujudnya buku ini. Saran dan koreksi untuk peningkatan mutu buku ini sangat kami harapkan.

Bandung, Juni 2007

Penulis

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
<hr/>	
BAB I	
Hakikat Biologi sebagai Ilmu	1
A. Karakteristik Makhluk Hidup	3
B. Biologi sebagai Ilmu	4
C. Kerja Ilmiah	7
D. Objek-Objek dan Permasalahan dalam Biologi	10
E. Manfaat Mempelajari Biologi	13
Rangkuman	16
Evaluasi Akhir Bab	17
<hr/>	
Bab II	
Virus	23
Virus	26
Rangkuman	36
Evaluasi Akhir Bab	37
<hr/>	
Bab III	
Arkeobakteria dan Eubakteria	41
A. Arkeobakteria	44
B. Eubakteria	46
Rangkuman	62
Evaluasi Akhir Bab	63

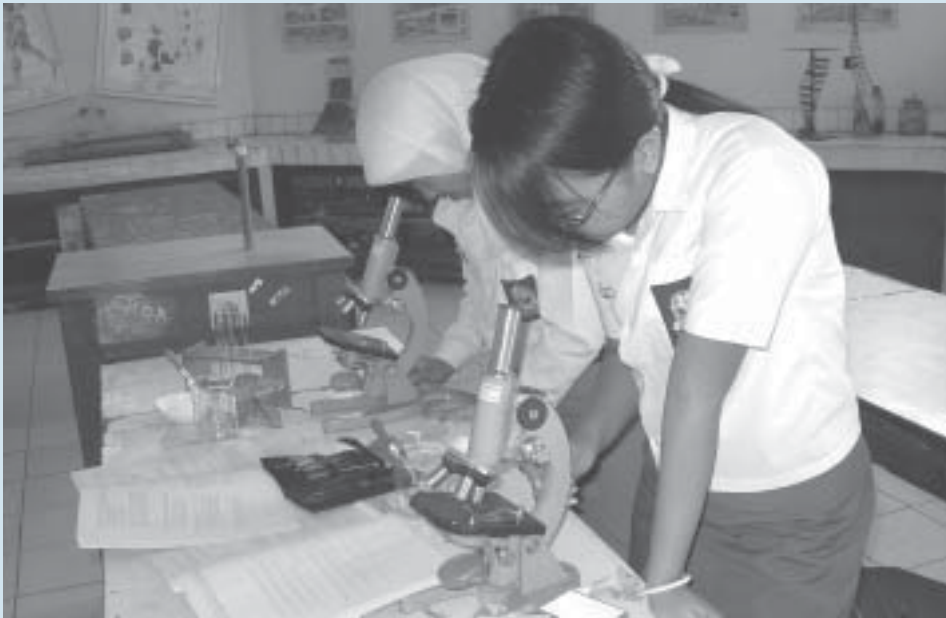
Bab IV	
Protista	67
<hr/>	
A. Protista yang Menyerupai Tumbuhan	70
B. Protista yang Menyerupai Fungi	78
C. Protista yang Menyerupai Hewan	80
Rangkuman	85
Evaluasi Akhir Bab 86	
<hr/>	
Bab V	
Jamur	89
<hr/>	
A. Ciri-Ciri Jamur	91
B. Klasifikasi Jamur	95
C. Berbagai Jamur dengan Gaya Hidup Unik	103
D. Peranan Jamur bagi Kehidupan	107
Rangkuman	110
Evaluasi Akhir Bab	111
Evaluasi Akhir Semester	115
<hr/>	
Bab VI	
Keanekaragaman Hayati di Indonesia	123
<hr/>	
A. Tingkat Keanekaragaman Hayati	126
B. Keanekaragaman hayati Indonesia	130
C. Keunikan Biodiversitas Indonesia	136
D. Biodiversitas Perairan Indonesia	140
E. Biodiversitas Indonesia dengan Nilai Tertentu	143
F. Ancaman terhadap Biodiversitas	146
G. Upaya Pelestarian Keanekaragaman Hayati di Indonesia	150
H. Membuat Kebun Tanaman Dapur atau Tanaman Obat	151
Rangkuman 153	
Evaluasi Akhir Bab	154

Bab VII	
Dunia Tumbuhan	157
<hr/>	
A. Tumbuhan tak Berpembuluh (Nonvaskuler)	159
B. Tumbuhan Berpembuluh (Vaskuler)	165
C. Tumbuhan Berbiji	173
D. Peranan Tumbuhan bagi Kelangsungan Hidup di Bumi	185
Rangkuman	186
Evaluasi Akhir Bab	187
<hr/>	
Bab VIII	
Dunia Hewan	193
<hr/>	
Ciri-Ciri Morfologi Kingdom Animalia	195
Rangkuman	236
Evaluasi Akhir Bab	237
<hr/>	
Bab IX	
Ekosistem dan Peranan Manusia dalam Ekosistem	243
<hr/>	
A. Komponen Ekosistem	245
B. Rantai Makanan dan Jaring-Jaring Makanan	252
C. Piramida Ekologi	253
D. Siklus Materi dan Aliran Energi	255
E. Perubahan dan Pemeliharaan Ekosistem	263
F. Pengelolaan Limbah	277
Rangkuman	284
Evaluasi Akhir Bab	286
Evaluasi Akhir Tahun	291
Glosarium	299
Daftar Pustaka	308
Indeks	310



Bab I

Hakikat Biologi sebagai Ilmu



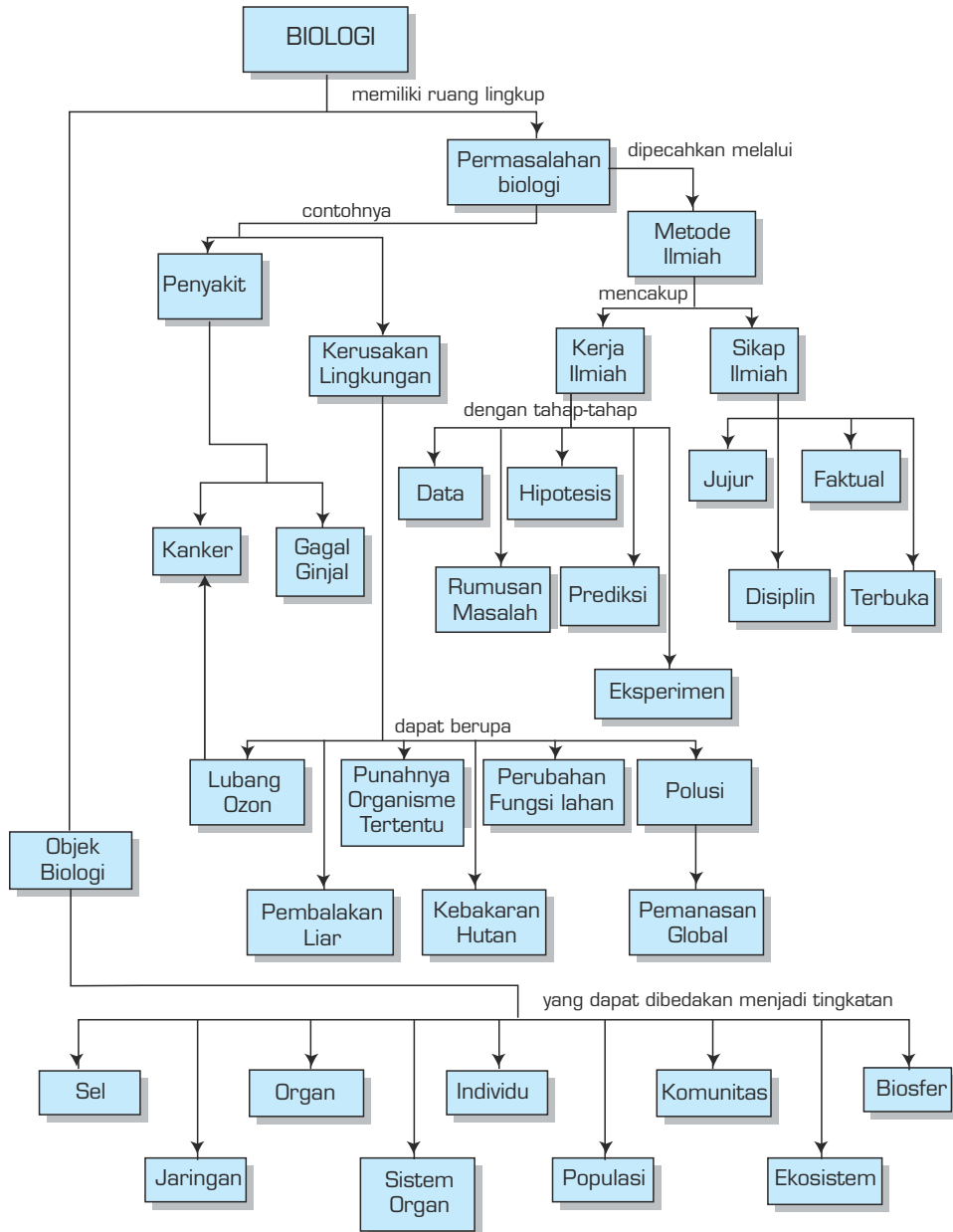
Sumber: Dokumentasi Pribadi

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. menjelaskan ciri-ciri makhluk hidup;
2. menjelaskan urutan struktur organisasi kehidupan mulai dari tingkat yang paling sederhana sampai tingkat kompleks;
3. menyebutkan objek-objek biologi;
4. menyebutkan cabang-cabang ilmu biologi;
5. menjelaskan urutan tahapan dalam metode ilmiah;
6. melakukan penelitian sederhana;
7. menjelaskan manfaat dan bahaya kemajuan ilmu biologi.

PETA KONSEP



Tentu kamu telah mempelajari biologi sejak di SMP. Mengapa kita mempelajari biologi? Ilmu apakah sebenarnya biologi itu? Sejauh mana ruang lingkup biologi? Apa manfaat serta bahaya dari perkembangan ilmu biologi?

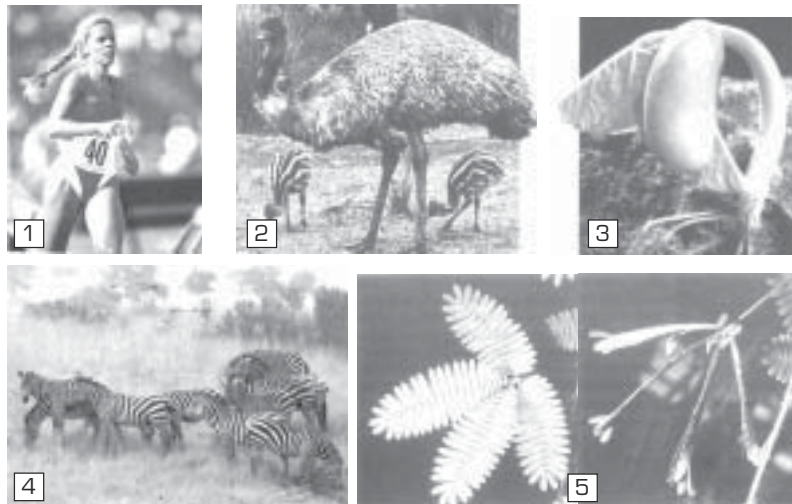
Sejumlah pertanyaan di atas, tentulah sangat menarik untuk dikaji. Untuk itu marilah kita pelajari bersama-sama hakikat biologi sebagai ilmu. Kita juga akan menemukan berbagai objek serta ragam persoalan dari berbagai tingkat organisasi kehidupan. Agar lebih jelas mengenai topik-topik yang akan di bahas dalam bab ini, perhatikan bagan konsep di halaman sebelumnya.

A. Karakteristik Makhluk Hidup

Biologi berasal dari kata “bios” dan “logos”. *Bios* artinya kehidupan dan *logos* artinya ilmu. Jadi, biologi adalah ilmu yang mempelajari makhluk hidup, yang mencakup manusia, tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme.

Lihatlah hewan dan tumbuhan di lingkungan sekelilingmu. Mereka adalah makhluk hidup. Tentunya kamu dapat mengidentifikasi ciri-ciri hidup dari mereka.

Benda hidup disebut juga *organisme*. Sebenarnya sesuatu dikatakan organisme/makhluk hidup jika memiliki ciri-ciri kehidupan, di antaranya tampak pada Gambar 1.1 di bawah ini.



Sumber: *Biology The Unity and Diversity of Life*

Gambar 1.1 Beberapa ciri kehidupan (1) bergerak; (2) bereproduksi; (3) tumbuh; (4) mengambil nutrisi; (5) peka terhadap rangsang

Selain yang tampak pada gambar, masih ada ciri-ciri makhluk hidup yang lain, di antaranya metabolisme dan homeostatis.

1. Metabolisme

Metabolisme adalah suatu proses reaksi kimia yang terjadi di dalam setiap sel makhluk hidup. Reaksi-reaksi tersebut meliputi proses pembakaran (pembongkaran) zat makanan untuk menghasilkan energi, ataupun proses penyusunan zat makanan sebagai bahan kimia sumber energi. Proses metabolisme cukup rumit, dan kamu bisa mempelajarinya di kelas 3.

Kita semua tahu bahwa energi adalah sesuatu yang sangat penting bagi makhluk hidup untuk melangsungkan aktivitas kehidupan. Aktivitas kehidupan itu, misalnya tumbuh, bergerak, dan berkembang biak.

2. Homeostasis

Sebagian besar hewan dapat bertahan hidup menghadapi perubahan lingkungan di sekitarnya, tetapi manusia akan mati jika suhu internal (dalam tubuh) berubah lebih dari beberapa derajat di atas atau di bawah rata-rata suhu tubuh normal ($\pm 37^{\circ}\text{C}$).

Kemampuan makhluk hidup dalam mempertahankan keseimbangan tubuhnya dinamakan *homeostatis*. Homeostasis meliputi *termoregulasi* (pertahanan suhu tubuh), *osmoregulasi* (pengaturan keseimbangan larutan dalam tubuh) dan *ekskresi* (pengeluaran produk buangan metabolisme).

B. Biologi sebagai Ilmu

Ilmu pengetahuan dan teknologi selalu mengalami perkembangan secara dinamis. Perkembangan tersebut mampu mengungkapkan kaidah-kaidah baru mengenai fenomena alam, sosial atau kemanusiaan serta penerapannya untuk meningkatkan kesejahteraan manusia.

Manusia selalu tertarik pada dirinya sendiri, pada organisme lain, juga pada lingkungan sekitar. Mereka berusaha untuk menerangkan sesuatu dan menggunakan apa yang mereka pelajari. Mempelajari biologi akan membantu kita mengerti tentang lingkungan tempat kita hidup serta membantu kita dalam mengatur hidup dan kesehatan kita. Kita dapat memutuskan apa yang harus kita makan, kita minum, kapan kita harus tidur, bekerja, dan melakukan aktivitas lainnya, serta bagaimana kita memilih apa yang terbaik untuk diri kita, dan lingkungan.

Biologi sebenarnya telah lahir jauh sebelum ilmu-ilmu lain berkembang. Diperkirakan ilmu ini lahir sekitar abad XVI, ketika para sarjana ilmu pengetahuan alam pada saat itu telah mengamati dan mempelajari berbagai keanekaragaman makhluk hidup. Untuk memudahkan orang mengenal dan memberi nama terhadap berbagai jenis tumbuhan dan hewan yang ada, lahir *botani*, yaitu ilmu tumbuh-tumbuhan, dan *zoologi*, yaitu ilmu hewan.

Persoalan lain kemudian muncul, “Bagaimana agar penamaan tumbuhan dan hewan yang beraneka ragam dapat disusun dalam suatu pola yang teratur dan memudahkan pengenalan?” Kemudian berkembang cabang ilmu yang mempelajari klasifikasi makhluk hidup disebut *taksonomi*.

Sejalan dengan pesatnya kemajuan ilmu dan teknologi, *botani* pun berkembang ke dalam ilmu-ilmu lain, misalnya:

- anatomi tumbuhan, khusus mempelajari struktur dan fungsi bagian tubuh tumbuhan;
- fisiologi tumbuhan, khusus mempelajari kerja alat-alat (organ) tubuh tumbuhan;
- ekologi, khusus mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungannya;
- mikologi, khusus mempelajari jamur;
- mikrobiologi, khusus mempelajari mikroorganisme.

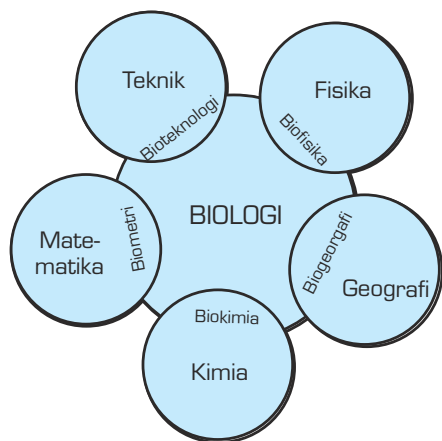
Dari zoologi lahir cabang-cabang ilmu, misalnya:

- anatomi hewan, khusus mempelajari struktur dan fungsi bagian tubuh hewan;
- morfologi hewan, khusus mempelajari bentuk luar tubuh hewan;
- fisiologi hewan, khusus mempelajari fungsi alat-alat tubuh hewan;
- embriologi, khusus mempelajari pertumbuhan embrio;
- entomologi, khusus mempelajari serangga.

Sebagai ilmu murni, *biologi memiliki kedudukan yang sama dengan ilmu lain* seperti fisika, kimia, geologi, biokimia, genetika, mikrobiologi, dan matematika. Sebagai ilmu terapan biologi melibatkan pemahaman ilmu lain, misalnya kimia, fisika, dan matematika. Dalam bidang *agrikultur*, misalnya, seorang ahli biologi harus menguasai ilmu kimia dan fisika, dalam bidang

farmasi, penguasaan ilmu kimia juga dibutuhkan. Kedudukan biologi terhadap ilmu lain dan penerapannya dalam berbagai lapangan pekerjaan, dapat kamu lihat pada diagram berikut ini (Gambar 1.2).

Biologi adalah bagian dari sains yang memiliki karakteristik yang sama dengan ilmu sains lainnya. Persamaan karakteristik tersebut disebabkan ilmu-ilmu sains ditemukan dan dikembangkan melalui cara-cara yang sama, yaitu logis dan ilmiah.



Gambar 1.2 Kedudukan biologi sebagai bagian dari sains

INFO BIOLOGI

Prospek Karier untuk Ahli Biologi

Pernah terpikir apa yang ingin kamu kerjakan setelah lulus SMA? Biologi membuka peluang untuk meraih banyak karier. Biologi bisa disebut sebagai mata pelajaran sains dan seni. Asalkan kamu menghayatinya, dan menikmatinya. Jika kita mempelajarinya dengan mendalam. Biologi akan mendatangkan keuntungan. Berikut ini berbagai macam karier yang bisa diraih melalui biologi.



Ahli biokimia



Ahli biologi laut



Petani



Ahli botani



Dokter Gigi



Perawat



Dokter hewan



Ahli ekologi laut



Instruktur olahraga

Karier lainnya yang bisa diraih melalui biologi di antaranya: ahli agrikultur, bakteriologis, ahli konservasi, dokter hewan, ahli genetika, ahli forensik, ahli perikanan, ahli pertanian dan agrikultur, ahli gizi, ahli ilmu kesehatan, pemasaran, peneliti biologi, teknolog air, ahli kehewan, ahli oceanografi, ahli bioteknologi, ahli kehutanan, ahli kesehatan gigi, petugas kontrol polusi, dan ahli penyakit mata.

Sumber: *Biology for You*

C. Kerja Ilmiah

Biologi termasuk ilmu pengetahuan alam (IPA), dan sering juga disebut ilmu eksakta. Dapatkah kamu menjelaskan mengapa disebut demikian? Dikatakan ilmu pengetahuan alam sebab biologi adalah ilmu yang diperoleh dari fakta-fakta yang terjadi di alam (fenomena alam) dan dapat diuji coba di laboratorium.

Orang yang mempelajari atau meneliti sebuah fenomena alam dinamakan ilmuwan atau “scientist”. Seorang ilmuwan bekerja secara sistematis dan teratur, membutuhkan kecermatan, ketelitian, ketekunan, dan kesabaran yang tinggi. Masih ingatkah kamu dengan istilah “metode ilmiah?” Siapa pun yang ingin meneliti suatu permasalahan biologi tentu harus bekerja sesuai dengan langkah-langkah metode ilmiah.

“Science” (sains) sebaiknya dipahami dengan cara mengamatnya dan bukan dengan cara menciptakan definisi yang tepat. Kata “science” berasal dari bahasa latin yang berarti “tahu”, jadi science atau sains merupakan suatu cara untuk mengetahui tentang diri kita, dunia, dan alam semesta.

Agar lebih mudah dimengerti tentang bagaimana melakukan kerja ilmiah kita pelajari dahulu beberapa pengertian yang menjadi bagian dalam kerja ilmiah, yaitu variabel, rumusan masalah, hipotesis dan prediksi.

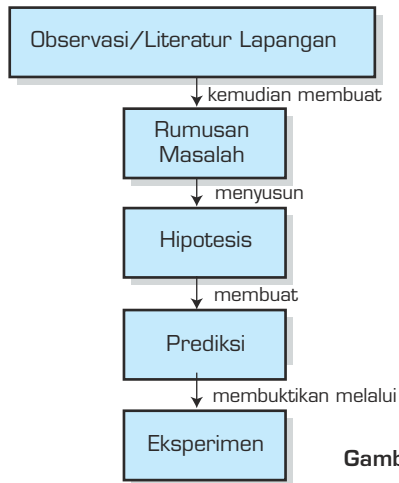
Ada dua macam variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah faktor atau perlakuan yang dapat memengaruhi percobaan, misalnya kesuburan atau pertumbuhan tumbuhan, seperti pupuk, air, dan CO_2 . Variabel terikat adalah hasil atau pengaruh variabel bebas tadi, misalnya kesuburan tanaman.

Rumusan masalah adalah hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dibuat dalam bentuk kalimat tanya. Misalnya, apakah terdapat pengaruh pupuk kandang terhadap kesuburan tanaman? Hipotesis belum tentu benar, oleh karena itu, perlu diuji melalui eksperimen. Jika hasil eksperimen sesuai dengan hipotesis, maka hipotesis tersebut **diterima** dan bila tidak sesuai hipotesis **ditolak** dan hipotesis perlu diperbaharui.

Hipotesis adalah jawaban sementara dari pertanyaan rumusan masalah, misalnya **pupuk kandang berpengaruh terhadap kesuburan tanaman**. Hipotesis belum tentu benar. Oleh karena itu, hipotesis perlu diuji melalui eksperimen.

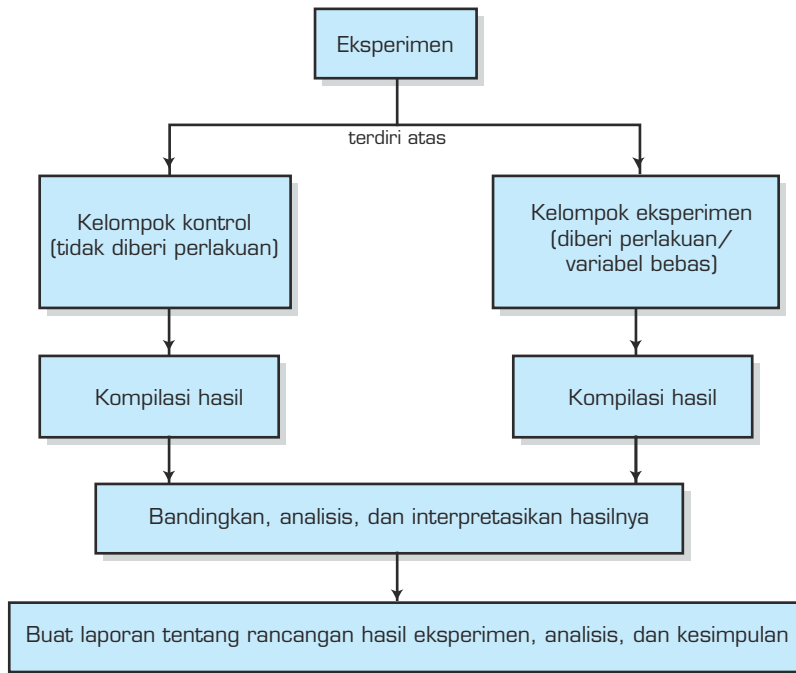
Prediksi juga merupakan langkah penting dalam pemecahan masalah. Pada contoh di atas prediksi terhadap hipotesis tadi dengan kalimat: **jika tanaman diberi pupuk kandang, maka pertumbuhannya akan menjadi subur**. Kesuburan dapat dilihat dari berat tanaman atau jumlah tanaman yang dihasilkan.

Perhatikan bagan pada Gambar 1.3. Dari bagan itu dapat kita simpulkan bahwa kerja ilmiah itu tahapannya, yaitu observasi, rumusan masalah, hipotesis, prediksi, dan eksperimen.



Dalam melakukan eksperimen ada dua hal penting yang perlu dilakukan, yaitu menyiapkan alat dan bahan serta menentukan langkah-langkahnya. Adapun langkah-langkah dan rancangan yang harus dibuat sebelum melaksanakan eksperimen adalah seperti yang dapat kamu lihat pada Gambar 1.4.

Gambar 1.3 Bagan pola kerja ilmiah



Gambar 1.4 Rancangan eksperimen

Setelah mempelajari bagaimana cara merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, dan prediksi serta langkah-langkah kerja ilmiah baca artikel berikut.

Suatu hari Andi liburan di rumah neneknya, sebuah dusun di Jawa Tengah. Ketika Andi berkeliling pekarangan rumah neneknya yang luas, Andi melihat rumput dan beberapa jenis tanaman lain di sekitar kandang kambing, tumbuh

hijau dan subur. Sementara itu rumput yang tumbuh jauh dari kandang tidak tumbuh subur. Andi mulai berpikir bahwa ada sesuatu di sekitar kandang yang menyebabkan tanaman-tanaman tersebut tumbuh subur. Apakah kira-kira yang dilakukan Andi selanjutnya?

Tugas 1.1

Di muka telah kita baca sebagai ilustrasi suatu artikel pendek tentang observasi yang dilakukan Andi. Dalam observasinya Andi telah menemukan adanya variabel bebas, yaitu pupuk kandang, dan variabel terikat berupa kesuburan rumput, sekarang coba.

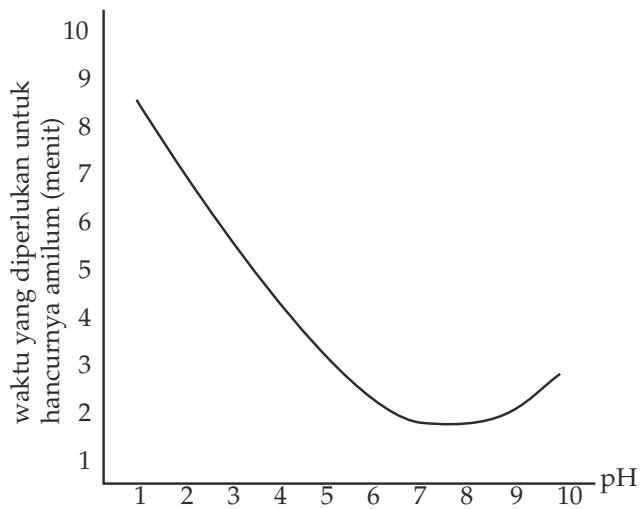
1. Rumuskan masalahnya.
2. Tentukan hipotesis dan prediksinya.
 - a. Membuat kelompok kontrol dan kelompok eksperimen untuk membuat kelompok kontrol dan kelompok eksperimen sediakan lahan 1m^2 untuk kelompok kontrol dan 1m^2 untuk kelompok eksperimen. Gemburkan tanahnya. Untuk kelompok eksperimen setelah digemburkan diberi pupuk kandang yang telah tua, misalnya seberat 2 kg, campurkan dengan tanah. Setelah itu, tanami rumput, masing-masing 20 rumpun. Siram secukupnya dan biarkan selama ± 2 minggu. Jaga jangan sampai kering. Setelah dua minggu lihat hasilnya dan timbang.
 - b. Mencatat hasil (berat rumput) dari kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.
 - c. Bandingkan hasilnya dan diinterpretasikan/disimpulkan mana yang lebih baik (kesimpulannya).
 - d. Buat laporan di buku tugasmu.

Hasil eksperimen dapat dicatat berupa data berbentuk tabel, grafik, atau diagram batang. Di bawah ini contoh pengumpulan data berupa tabel, grafik, dan diagram batang.

- a. Tabel kandungan zat makanan pada berbagai bahan makanan

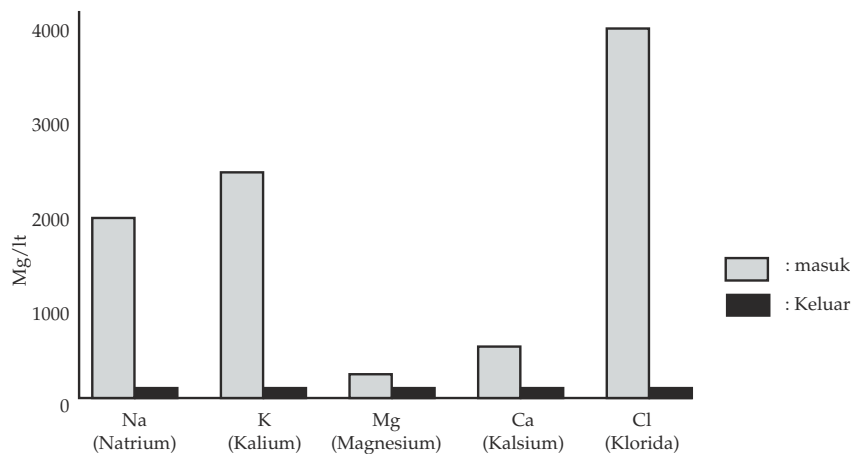
Makanan	energi (kJ/100 gr)	protein (%)	lemak (%)	karbohidrat (%)
susu	272	3,3	3,8	4,7
sosis	1520	10,6	32,1	9,5
ayam	599	26,5	4,0	0
kubis	66	1,7	0	2,3
apel	196	0,3	0	11,9

b. Grafik kerja enzim pada pH tertentu



Sumber: *Biology for You*

c. Diagram batang : Konsentrasi garam yang keluar dan masuk dari dan ke sel pada tumbuhan air



Sumber: *Biology for You*

D. Objek-Objek dan Permasalahan dalam Biologi

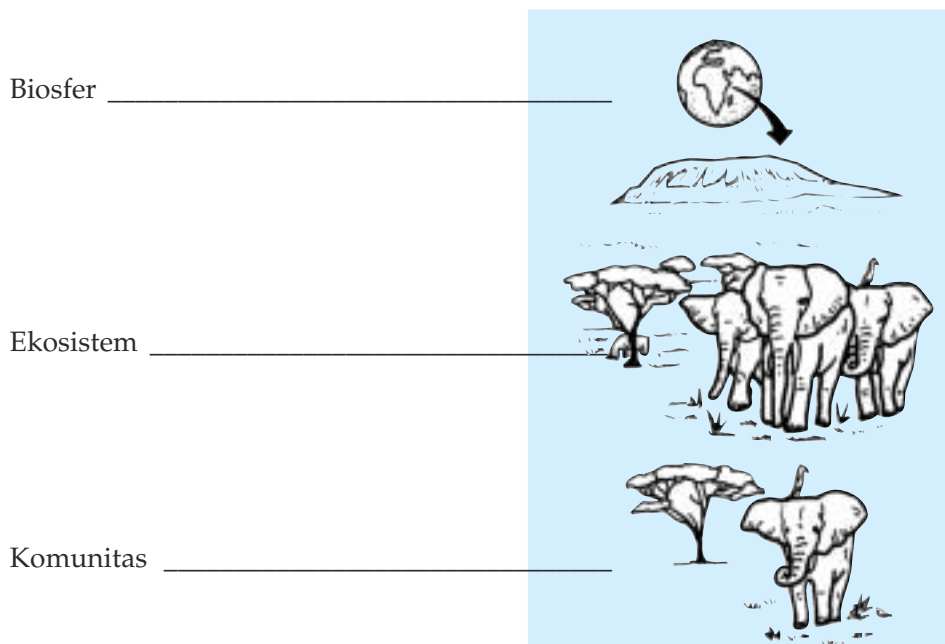
Objek-objek biologi dikaji dari tingkat molekul sampai tingkat individu, bahkan sampai tingkat ekosistem. Jadi, ruang lingkup biologi mencakup struktur yang paling sederhana sampai tingkat yang paling kompleks.

Teknologi semakin maju. Adanya mikroskop membantu penemuan bahwa organ tersusun atas bermacam-macam jaringan dan jaringan tersusun atas banyak sel. Bagian-bagian sel pun dapat dilihat, misalnya organel-organel sel, membran sel, membran inti sel, membran organel-organel sel. Setiap bagian sel dapat diamati lebih detail lagi, misalnya struktur membran, struktur inti, struktur organel, dan fungsi setiap bagian sel. Selanjutnya misteri alam yang dikandung oleh suatu organisme, misalnya faktor keturunan (gen) dan kromosom dapat diungkapkan lebih jauh.

Organisasi kehidupan berjenjang mulai dari kehidupan yang paling kecil (sederhana) sampai tingkat yang kompleks. Jika kita lihat organisasi kehidupan yang dimulai dari tingkat molekuler (DNA), DNA akan membentuk gen, gen dan struktur lain membentuk sel, sekumpulan sel membentuk jaringan, beberapa jaringan berkumpul membentuk organ. Satu organ berfungsi untuk melakukan sebuah tugas tertentu. Kumpulan organ membentuk sistem organ untuk bekerja sama dengan dinamis, dan berbagai sistem organ kemudian membentuk sebuah individu (organisme).

Individu tidak hidup sendiri, tetapi saling bergantung satu sama lain, maka terbentuklah populasi. Kumpulan populasi membentuk komunitas, dan komunitas berinteraksi dengan faktor-faktor lingkungan membentuk ekosistem. Semua ekosistem yang ada di muka bumi disebut biosfer.

Tingkatan-tingkatan mulai dari struktur yang sederhana di atas dapat disusun dalam sebuah hierarki organisasi kehidupan yang tampak seperti berikut.



Populasi _____

Organisme _____

Sistem organ _____

Organ _____

Jaringan _____

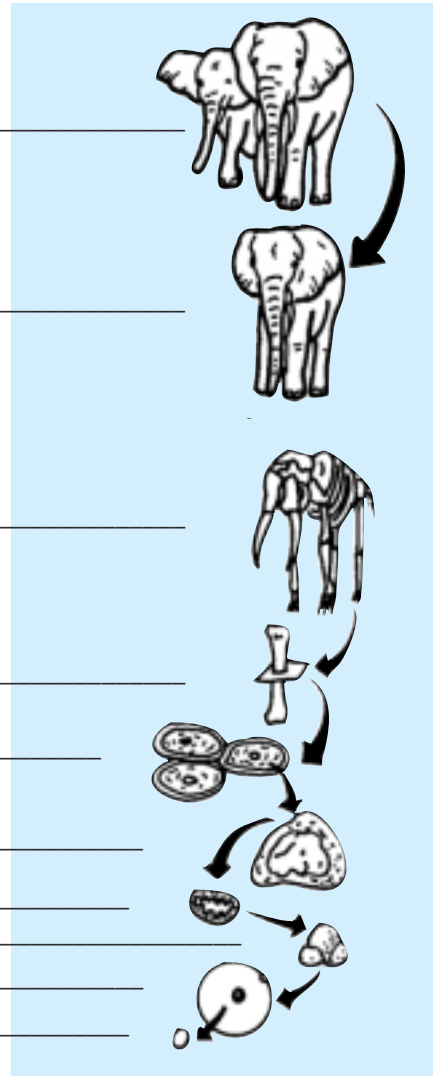
Sel _____

Organel _____

Molekul _____

Atom _____

Partikel _____



Gambar 1.5 Hierarki organisasi kehidupan

Sumber: *Biology*, Postlethwait

Permasalahan-permasalahan biologi dapat muncul pada berbagai tingkatan organisasi kehidupan, dapat terjadi pada tingkat molekul, senyawa, jaringan sampai biosfer. Pada tingkat molekul, misalnya kelainan yang terjadi pada DNA dapat berakibat sangat serius. Berbagai penyakit dan cacat menurun, seperti **albino**, **buta warna**, dan **sindroma down** (keterbelakangan mental) disebabkan oleh ketidaknormalan pada tingkat DNA. Masalah biologi juga dapat terjadi pada tingkat jaringan, contoh mengecilnya otot karena kurang beraktivitas dan kerusakan jaringan saraf.

Pada tingkat organ, masalah biologi paling banyak ditemukan, misalnya patah tulang, kanker kulit, kanker darah, gagal ginjal, kanker hati, infeksi pada otak, kerusakan alat indra, dan masih banyak lagi contoh lainnya.

Masalah biologi dalam skala yang lebih besar adalah tingkat ekosistem, bahkan tingkat biosfer. Pada tingkat ini, contoh yang paling jelas adalah kerusakan ekosistem. Kerusakan tersebut dapat disebabkan oleh bencana alam atau justru akibat ulah manusia. Kerusakan tersebut dapat berupa terjadinya pencemaran, rusaknya hutan akibat pembalakan liar dan kebakaran hutan, rusaknya lahan pertanian, hancurnya sumber daya alam, punahnya keanekaragaman hayati, dan masih banyak lagi.

Tugas 1.2

Carilah contoh-contoh tentang rusaknya lingkungan hidup yang lain!

E. Manfaat Mempelajari Biologi

Kita telah mempelajari cabang-cabang **biologi**, selanjutnya muncul pertanyaan-pertanyaan, “Apakah manfaat cabang-cabang biologi yang demikian banyaknya ini? “Tuhan menciptakan manusia menjadi makhluk yang mampu berpikir sehingga mampu mengembangkan ilmu pengetahuan. Semua ilmu apabila dimanfaatkan dengan benar dan untuk kebaikan pasti bermanfaat.

Kita semua menyadari bahwa berkembangnya biologi telah memberikan manfaat yang demikian luas bagi kehidupan manusia. Dalam bidang pertanian misalnya, penemuan bibit-bibit unggul, teknik pemupukan, pemberantasan hama, dan teknologi pascapanen telah mampu meningkatkan produksi pangan. Selain itu, tidak diragukan lagi kemajuan dalam bidang kedokteran, farmasi, genetika, perikanan, peternakan, industri pangan, perkebunan, kehutanan, dan lingkungan hidup juga tidak lepas dari biologi.

Dewasa ini, bioteknologi merupakan ilmu yang demikian populer sehingga mampu membuat biologi sebagai ilmu yang perlu diperhitungkan. Bioteknologi, sebuah ilmu yang menggunakan teknologi tinggi, telah dapat memberikan sumbangan yang besar bagi kehidupan manusia.

Dengan bioteknologi, bibit-bibit unggul dapat diciptakan, penyakit-penyakit bawaan dapat dihindari, vitamin dapat dibuat dengan mudah, dan berbagai penyakit dapat diatasi. Pengetahuan bioteknologi secara detail dipelajari di kelas XII kelak.

Saat ini bioteknologi canggih yang memerlukan biaya sangat besar telah dikuasai perusahaan-perusahaan raksasa. Di Amerika Serikat tercatat ada 379 perusahaan yang bergerak di bidang bioteknologi. Di Jepang baru ada 16 perusahaan, tetapi terdiri atas perusahaan raksasa. Dapatkah kamu menyebutkan manfaat biologi pada bidang lain yang belum ada di atas?

Tugas 1.3

Saat ini banyak ditemukan produk-produk hasil bioteknologi. Datanglah ke sebuah pasar terdekat, lalu datalah produk-produk makanan olahan yang diproses secara biologi! Buatlah laporannya!

Selain manfaat-manfaat biologi di atas, apakah perkembangan ilmu biologi juga **berbahaya**? Sejauh manakah ilmu biologi telah dianggap membahayakan? Suatu kenyataan bahwa negara-negara tertentu telah mengembangkan **senjata biologi**. Senjata biologi adalah mikroorganisme mematikan yang sengaja dibiakkan di laboratorium untuk kepentingan tertentu. Biasanya organisme yang digunakan adalah virus, jamur, dan bakteri. Bagaimana pendapatmu mengenai hal ini?

Saat ini telah berkembang bioteknologi, seperti **kloning, transgenik, proyek genom manusia**. Proyek genom manusia akan mengubah bidang biologi molekuler kedokteran. Sangat berbahaya jika kita tidak dapat mengantisipasi kelemahan-kelemahan teknologi ini. Bukankah sangat mengerikan jika manusia telah dapat menciptakan manusia?

Untuk melatih kamu agar lebih terampil dalam melakukan kegiatan-kegiatan ilmiah, lakukan kegiatan-kegiatan berikut.

KEGIATAN 1.1

Menentukan Variabel

Variabel adalah faktor-faktor yang memengaruhi jalannya (hasil) percobaan. Berikut ini apabila kita ingin menyelidiki **berapa dosis yang tepat untuk pemupukan suatu tanaman**, lakukan hal-hal berikut:

- tentukan apa saja yang merupakan variabel bebas;
- apa saja yang merupakan variabel terikat;
- lalu buat hipotesisnya.

KEGIATAN 1.2

Mengubah Bentuk Data

- a. Bagaimana pengaruh cahaya terhadap gas oksigen pada tumbuhan?

Dalam fotosintesis dibebaskan gas oksigen. Pada saat yang sama sebenarnya tumbuhan juga mengambil oksigen untuk bernapas. Berikut adalah suatu hasil penelitian yang menunjukkan pengambilan dan pelepasan oksigen oleh tumbuhan pada intensitas cahaya yang berbeda.

Intensitas Cahaya	Interval Waktu (menit)	Oksigen dilepas dan diambil setiap interval 3 menit (mm ³)
Cahaya terang	0 - 3	+ 57
	3 - 6	+ 64
	6 - 9	+ 58
	9 - 12	+ 60
Cahaya redup	12 - 15	+ 16
	15 - 18	+ 3
Gelap	18 - 21	- 16
	21 - 24	- 12
	24 - 27	- 15
	27 - 30	- 14

- 1) Ubah tabel di atas ke dalam bentuk grafik yang sesuai!
 - 2) Gunakan grafik tersebut untuk menjelaskan pengaruh intensitas cahaya terhadap pembentukan oksigen selama fotosintesis!
 - 3) Pembentukan oksigen mungkin bisa dipengaruhi faktor-faktor lain, dapatkah kamu menuliskannya?
- b. Seorang siswa meneliti pertumbuhan 42 biji kacang kedelai hasil iradiasi. Biji hasil iradiasi ditanam pada keadaan yang sama. Data yang diperoleh dari hasil penelitian adalah:
- 1) 20 biji tumbuh dengan baik (warna daun tetap hijau)
 - 2) 17 biji tumbuh kurang baik (warna daun kuning)
 - 3) 5 biji tidak tumbuh.
- Buat tabel persentase dari data tersebut, kemudian buat diagram yang sesuai!

Rangkuman

1. Biologi adalah ilmu yang mempelajari makhluk hidup yang mencakup manusia, tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme.
2. Ruang lingkup biologi mencakup struktur yang paling sederhana sampai tingkat yang paling kompleks, dimulai dari atom sampai ke tingkat biosfer.
3. Berkembangnya biologi telah memberikan manfaat yang demikian luas bagi kehidupan manusia, misalnya dalam bidang pertanian, kedokteran, farmasi, perikanan, perkebunan, dan industri pangan.
4. Biologi dikatakan sebagai ilmu alam dan ilmu eksakta sebab biologi adalah ilmu yang diperoleh dari fakta-fakta yang terjadi di alam (fenomena alam) dan dapat diuji coba di laboratorium.
5. Urutan kerja metode ilmiah adalah:
 - a. mengidentifikasi masalah;
 - b. menyusun hipotesis;
 - c. prediksi;
 - d. melakukan eksperimen;
 - e. mengolah data;
 - f. mengomunikasikan hasil penyelidikan ilmiah.

Kata Kunci

anatomi
biogeografi
biosfer
botani
embriologi
entomologi
ekosistem
eksperimen

fisiologi
gen
hipotesis
homeostasis
komunitas
mikrobiologi
organisme
organisasi kehidupan

populasi
reproduksi
sel
variabel
zoologi

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Pengertian biologi yang paling tepat adalah
 - A. ilmu yang mempelajari tentang semua makhluk hidup sekarang ini
 - B. ilmu yang mempelajari semua makhluk hidup pada masa kini dan pada masa lampau
 - C. ilmu yang mempelajari keseimbangan alam
 - D. ilmu yang mempelajari hubungan produsen dan konsumen
 - E. ilmu yang mempelajari komponen-komponen ekosistem
2. Seorang mahasiswa ingin menjadi ahli kanker, maka dia harus memperdalam pengetahuan di bidang
 - A. parasitologi
 - B. embriologi
 - C. genetika
 - D. patologi
 - E. sitologi
3. Hubungan antara makhluk hidup dan lingkungannya merupakan masalah penting dalam biologi. Bidang pengetahuan yang mempelajari masalah ini adalah
 - A. genetika
 - B. ekologi
 - C. fisiologi
 - D. taksonomi
 - E. zoologi
4. Untuk memudahkan objek studi yang sangat beraneka ragam, kita perlu menggolong-golongkan (mengklasifikasikan) dan memberi nama ilmiah. Cabang biologi yang mempelajari hal ini adalah
 - A. embriologi
 - B. fisiologi
 - C. taksonomi
 - D. evolusi
 - E. botani

5. Dalam usaha meningkatkan produksi pangan, para peneliti telah berhasil mengembangkan bibit unggul dengan cara hibridisasi. Ilmu yang mendasari cara ini disebut
- taksonomi
 - zoologi
 - botani
 - genetika
 - anatomi
6. Akhir-akhir ini sering kita dengar berita bahwa banyak ibu-ibu melahirkan bayi yang cacat. Sebetulnya bayi yang cacat sejak dalam kandungan dapat dipelajari dalam ilmu
- embriologi
 - genetika
 - patologi
 - teratologi
 - urologi
7. Berikut ini yang bukan merupakan cabang ilmu biologi adalah
- anatomi
 - embriologi
 - virologi
 - planologi
 - botani
8. Untuk memecahkan masalah-masalah yang timbul dalam biologi, maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah
- melakukan eksperimen
 - menyusun hipotesis
 - merumuskan hukum
 - mengemukakan teori
 - mengadakan observasi untuk mengumpulkan data
9. Berikut adalah langkah-langkah metode ilmiah.
- Mengelola data.
 - Menyusun hipotesis.
 - Prediksi kesimpulan.
 - Mengidentifikasi masalah.
 - Melakukan percobaan.
 - Mengomunikasikan hasil penyelidikan ilmiah.

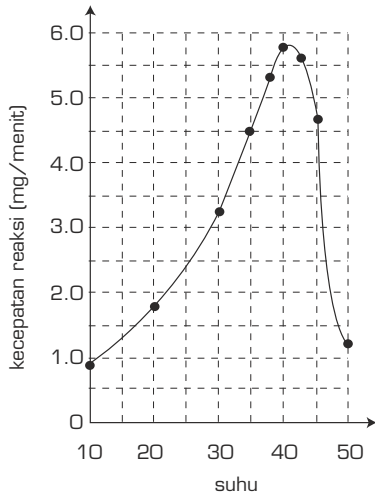
Urutan yang benar adalah

- A. 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6
 - B. 2 - 1 - 4 - 5 - 3 - 6
 - C. 2 - 1 - 5 - 4 - 3 - 6
 - D. 4 - 1 - 2 - 5 - 3 - 6
 - E. 4 - 2 - 3 - 5 - 1 - 6
10. Ada hubungan antara benda aneh berbentuk cincin di dalam sel darah merah penderita malaria. Hal ini merupakan
- A. kesimpulan hasil eksperimen Charles Laveran
 - B. masalah yang dihadapi Charles Laveran
 - C. hasil pengumpulan data Charles Laveran
 - D. hipotesis yang perlu diuji oleh Charles Laveran
 - E. teori yang dikemukakan oleh Charles Laveran
11. Untuk membuktikan bahwa penyakit malaria disebabkan oleh benda aneh berbentuk cincin, Charles Laveran
- A. melakukan observasi
 - B. merumuskan masalah
 - C. menyusun hipotesis
 - D. mengadakan eksperimen
 - E. merumuskan kesimpulan
12. Ronald Ross memastikan bahwa Anopheles merupakan vektor malaria. Kepastian tersebut diambil berdasarkan suatu
- A. teori
 - B. observasi
 - C. eksperimen
 - D. pengalaman
 - E. hipotesis
13. Berikut ini beberapa manfaat perkembangan ilmu biologi, **kecuali**
- A. menemukan bibit unggul
 - B. mengkloning embrio
 - C. mengembangkan teknik inseminasi
 - D. membuat senjata biologi
 - E. membuat obat-obatan

14. Berikut ini yang bukan merupakan manfaat biologi dalam bidang kedokteran adalah . . .

- A. menemukan vaksin
- B. menemukan antibodi
- C. teknik hibridisasi
- D. memproduksi antibiotik
- E. teknik bayi tabung

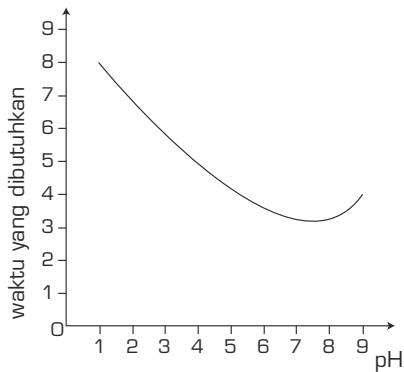
15.



Perhatikan grafik di samping ini! Kecepatan reaksi pada suhu 30° C adalah . . .

- A. 0,8
- B. 1,0
- C. 1,6
- D. 3,4
- E. 5,7

16.



Grafik di samping ini menunjukkan pengaruh pH terhadap waktu yang dibutuhkan untuk menguraikan karbohidrat.

Pada pH berapakah enzim bekerja paling cepat?

- A. pH 1
- B. pH 3
- C. pH 6
- D. PH 7
- E. PH 9

Soal nomor 17 sampai dengan 19 berhubungan dengan tabel di bawah ini. Tabel di bawah ini menunjukkan kandungan energi (dalam KJ/100 gr) bahan makanan.

Makanan	Energi (KJ/100 gr)	A(%)	B(%)	C(%)	D(%)
Susu	290	3	89	4,5	3,5
Mentega	3000	0,5	16,5	-	83
Kentang	370	2	82	16	-
Daging sapi	1300	25	55	-	20
Ikan tuna	700	18	70	-	12

17. Bahan makanan apakah yang menghasilkan energi terbesar?
- A. Susu
 - B. Mentega
 - C. Kentang
 - D. Daging
 - E. Ikan tuna
18. Bahan makanan manakah yang menghasilkan paling sedikit energi?
- A. Susu
 - B. Mentega
 - C. Kentang
 - D. Daging
 - E. Ikan tuna
19. Berdasarkan tabel, yang merupakan karbohidrat dan lemak berturut-turut adalah
- A. A dan B
 - B. B dan D
 - C. C dan D
 - D. A dan C
 - E. A dan D
20. Perhatikan gambar di bawah ini!
Keadaan seperti pada gambar mungkin disebabkan oleh



- A. pemanasan global
- B. efek rumah kaca
- C. hujan asam
- D. polusi air
- E. kebakaran

B. Jawab pertanyaan berikut dengan benar.

1. Mengapa biologi disebut Science atau Ilmu pengetahuan?
2. Apakah mempelajari biologi itu penting? Beri alasannya!
3. Apakah perkembangan ilmu biologi mempunyai dampak yang membahayakan? Beri alasannya!
4. Jelaskan perbedaan:
 - a. hipotesis dan prediksi.
 - b. observasi dan eksperimen.
5. Cocokkan istilah-istilah berikut dengan pernyataan-pernyataan yang tersedia. Tulis hasilnya di buku latihanmu.

... Sifat adaptif

... Biogeografi

... Observasi

... Hipotesis

... Teori

... Variabel

... Prediksi

... Komunitas

- a. Kegiatan pengumpulan data-data sebelum melakukan penelitian lebih lanjut.
- b. Penjelasan sementara mengenai jawaban masalah yang akan dipecahkan.
- c. Serangkaian hipotesis yang membentuk penjelasan secara luas dan dapat diuji kebenarannya.
- d. Usulan penjelasan atau merupakan pendapat terkaan.
- e. Memperbaiki perubahan-perubahan dalam rangka mempertahankan hidup.
- f. Kumpulan populasi dalam suatu habitat.
- g. Aspek-aspek khusus pada objek penelitian bahkan mungkin berbeda dan dapat berubah.
- h. Penyebaran makhluk hidup dipelajari pada ilmu ini.

C. Kerjakan tugas berikut dengan benar.

Rancang dan lakukan sebuah percobaan untuk menyelidiki “pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan tanaman”.

Buat laporan yang mencakup komponen-komponen berikut.

1. Rumusan masalah.
2. Hipotesis.
3. Alat dan bahan.
4. Langkah-langkah percobaan.
5. Tabel data.
6. Kesimpulan.

Bab II

Virus



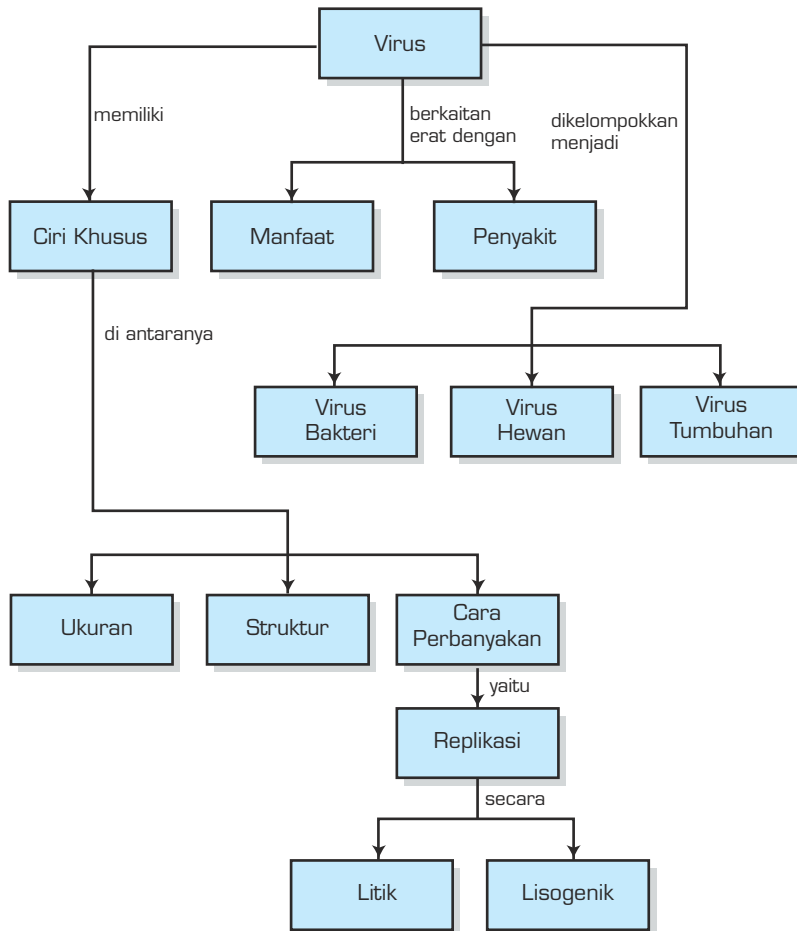
Sumber: *Intisari*, 2005

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. membedakan virus dengan makhluk hidup lainnya;
2. menjelaskan karakteristik virus;
3. menjelaskan peran virus dalam kehidupan.

PETA KONSEP



Masih ingatkah kamu tentang penyakit Flu burung? Di Indonesia ditemukan sejak tahun 2003. Penyakit ini cukup menggemparkan masyarakat kita pada waktu itu karena hampir membuat 5 juta unggas mati atau dimusnahkan. Namun, yang lebih menghebohkan lagi pada tahun 2005, penyakit ini mengakibatkan kematian seorang bapak dan dua putrinya di Tangerang Banten. Akibatnya masyarakat panik, apalagi belakangan dikabarkan flu burung berjangkit di 21 provinsi atau hampir di seluruh negeri. Akibatnya ternak unggas dan babi (yang bisa menjadi inang) menjadi sasaran pemusnahan.

Selain itu, pada Februari–Maret 2003, dunia sempat dikejutkan dengan pemunculan **Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS)**, yaitu sekumpulan gejala sakit pernapasan yang mendadak dan berat. Awalnya dari Cina, tetapi hanya dalam dua bulan cepat menyebar ke seluruh dunia. Apakah kamu sudah mengetahui apa penyebab dari kedua penyakit di atas? Ya, kamu sudah benar jika mengatakan penyebabnya adalah virus. Kamu tentu juga sudah mendengar tentang virus HIV yang mengakibatkan AIDS, virus hepatitis, cacar, campak, dan polio yang akhir-akhir ini juga mewabah lagi.

Contoh-contoh di atas menunjukkan bahwa virus selalu dikenal sebagai agen penyebab penyakit. Jadi, apakah virus itu, bagaimana struktur tubuhnya, bagaimana virus dapat menyebabkan penyakit, dan apakah benar virus hanya dapat berperan sebagai agen penyakit? Hal-hal di atas akan kita bahas pada bab ini.

Tidak seperti makhluk hidup lain yang akan kita pelajari, virus tidak mempunyai sel sebagai unit kehidupannya. Namun, mengapa virus kita pelajari dalam biologi, yang merupakan ilmu tentang kehidupan? Meskipun tidak mempunyai ciri-ciri hidup yang lengkap seperti makhluk hidup pada umumnya, virus masih mempunyai ciri hidup, yaitu mempunyai materi genetik berupa RNA atau DNA, serta dapat memperbanyak diri meskipun harus dalam kondisi tertentu.

Virus selama ini dikenal sebagai organisme yang merugikan karena selalu bersifat parasit. Namun, saat ini ternyata virus dapat dimanfaatkan juga sebagai organisme menguntungkan. Karena daya infeksi yang begitu baik dan strukturnya yang sederhana, virus dapat digunakan sebagai salah satu vektor atau pembawa gen dalam proses rekayasa genetik. Selain itu, virus dapat dimanfaatkan sebagai agen penyebab mutasi yang menguntungkan.

Pada bab ini akan dibahas lebih lanjut mengenai virus. Pembahasan meliputi karakteristik (struktur, ukuran, cara berkembang biak), macam-macam virus, hubungan antara virus dan penyakit. Selain itu, juga akan dibahas tentang peran virus dalam kehidupan sehari-hari.

Bagan konsep di halaman sebelumnya tadi akan lebih memberi gambaran kepada kamu tentang konsep-konsep inti yang akan dibahas pada bab ini.

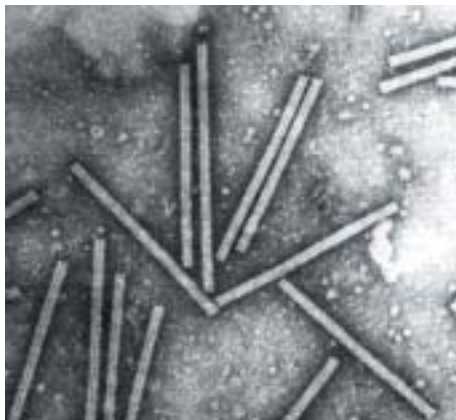
Virus

Virus bukanlah suatu sel, melainkan hanya merupakan partikel yang mengandung materi genetik dan protein yang dapat memasuki atau menginfeksi sel hidup. Sel hidup yang diinfeksi kemudian dikendalikan oleh virus untuk menghasilkan materi genetik dan bagian-bagian lain dari virus tersebut. Selanjutnya terbentuklah virus-virus baru dalam sel hidup yang diinfeksi. Materi genetik yang terkandung dalam virus dapat berupa DNA atau RNA. DNA atau RNA ini dibungkus dalam selubung protein khusus dengan bentuk yang berbeda-beda.

Reproduksi atau perkembangbiakan virus hanya dapat terjadi pada sel hidup yang diinfeksi. Oleh karena itu, semua virus merupakan parasit obligat, artinya semua virus betul-betul hanya dapat hidup sebagai parasit.

1. Karakteristik Virus

Pada tahun 1852, seorang ahli botani Rusia bernama D.J. Ivanovsky berhasil mengekstrak saripati daun tembakau yang terkena penyakit mosaik. Pada saat ekstrak ini disaring dengan saringan bakteri, ternyata ekstrak tersebut masih mampu menginfeksi daun tembakau lainnya. Pada tahun 1898, Dutchman Beijerinck memberi nama “virus” yang berarti racun untuk menggambarkan “sesuatu” yang terdapat pada ekstrak tumbuhan yang dapat menginfeksi, tetapi berukuran lebih kecil dari bakteri. Virus tersebut dinamai virus mosaik seperti yang dapat kamu lihat pada Gambar 2.1.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 2.1 Virus TMV (Tobacco Mozaic Virus): Virus TMV berbentuk batang yang terlihat di bawah mikroskop elektron dengan perbesaran 85.000 x.

Setelah penemuan “sesuatu” dalam ekstrak daun tembakau yang sakit tersebut, para ahli dengan tekun terus melakukan penelitian-penelitian untuk mengungkap apakah virus itu? Penemuan-penemuan tentang virus terus berlanjut. Namun, pengetahuan tentang virus baru berkembang setelah



Sumber: *Biology*, Barrett.

ditemukannya mikroskop elektron pada tahun 1930. Hal ini terjadi karena virus merupakan mikroorganisme yang berukuran sangat kecil sehingga hanya dapat dilihat dengan perbesaran yang ada pada mikroskop elektron. Bentuk mikroskop elektron dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Gambar 2.2 Seorang ilmuwan yang sedang mengamati spesimen melalui mikroskop elektron resolusi tinggi. Virus hanya dapat diamati strukturnya dengan menggunakan mikroskop elektron.

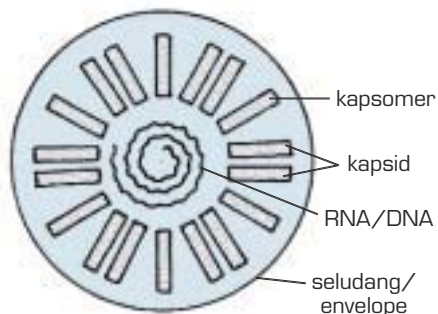
a. Ukuran Virus

Virus berukuran sangat kecil sehingga masih dapat lolos dari saringan yang sudah tidak dapat dilalui bakteri. Virus adalah organisme terkecil yang berukuran antara 20 nanometer (nm) sampai 300 nm. 1 nano meter adalah $1/1.000.000.000$ meter. Rata-rata ukuran virus adalah 50 kali lebih kecil daripada bakteri.

Jika bakteri baru dapat kita amati dengan menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 1.000 kali, berapa perbesaran yang dibutuhkan untuk melihat virus yang berukuran 50 kali lebih kecil dari bakteri? Tentu dibutuhkan perbesaran yang jauh lebih besar. Alat yang dapat menyediakan perbesaran sebesar itu hanyalah mikroskop elektron yang mampu memperbesar objek 200.000-400.000 kali.

b. Struktur Virus

Virus sebagaimana telah disinggung di atas, mempunyai struktur yang sangat sederhana seperti terlihat pada Gambar 2.3. Virus hanya terdiri atas suatu materi genetik berupa DNA atau RNA yang dikelilingi oleh suatu protein pelindung yang disebut **capsid**. Pada beberapa virus, seperti virus herpes dan virus influenza, dapat pula dilengkapi oleh pembungkus atau “envelope”, dari lipoprotein (lipid dan protein). Pembungkus ini merupakan membran plasma yang berasal dari sel inang virus tersebut. Suatu virus dengan materi genetik yang terbungkus oleh pembungkus protein disebut **partikel virus** atau **virion**.

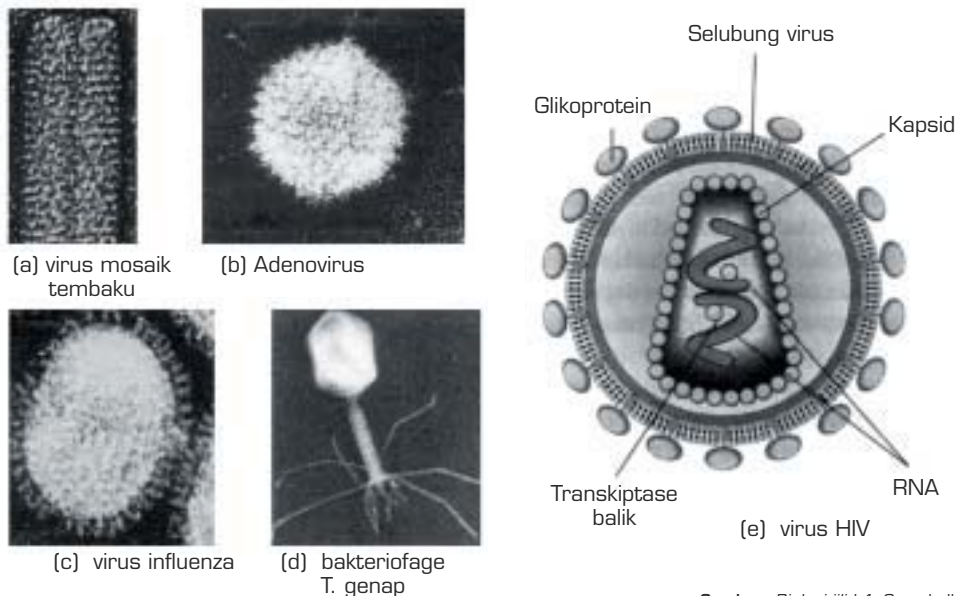


Sumber: *Advanced Biology*, Clegg

Gambar 2.3 Struktur virus: Virus dengan struktur sangat sederhana dari materi genetik (RNA atau DNA), membentuk kapsid (protein pelindung) dan kadang-kadang pembungkus luar atau "envelope".

Pembungkus virus sering dibangun oleh subunit-subunit yang identik satu sama lain yang disebut kapsomer. Gabungan kapsomer akan membentuk kapsid atau protein pelindung. Bentuk kapsomer-kapsomer ini sangat simetris dan dengan adanya kapsomer ini suatu saat virus dapat mengkristal.

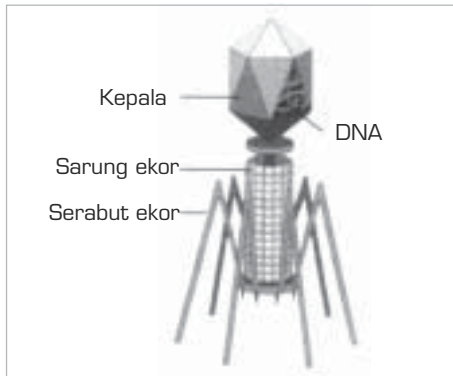
Materi genetik yang terdapat pada virus tersusun atas asam nukleat berupa DNA atau RNA. Contoh virus DNA, yaitu virus influenza, virus herpes atau virus yang dapat merangsang terbentuknya kanker, sedangkan contoh virus RNA, yaitu Tobacco Mosaic (TMV), menyerang tembakau; virus polio penyebab penyakit polio; dan virus HIV penyebab AIDS. Macam-macam bentuk virus dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Sumber: *Biologi jilid 1*, Campbell

Gambar 2.4 Macam-macam bentuk virus

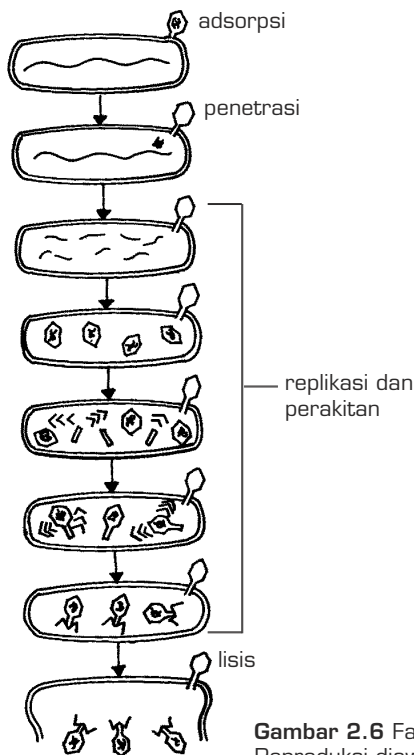
c. Perkembangbiakan atau Replikasi Virus



Sumber: *Biologi jilid 1, Campbell*

Gambar 2.5 Struktur bakteriofage: Terdiri dari kepala yang di dalamnya terdapat DNA (dilindungi kapsid), ekor, dan serabut ekor

Fase-fase yang terjadi selama proses reproduksi atau perbanyakkan bakteriofage dapat dibagi menjadi 7 tahapan seperti tertera pada Gambar 2.6, berikut ini.



Sumber: *Biology, Barrett*

Perkembangbiakan atau replikasi virus hanya dapat terjadi dalam sel inang yang hidup. Hal ini berarti bahwa virus harus mampu menembus sel inang dan memasukkan materi genetiknya. Selanjutnya, virus memerintah sel inang untuk membentuk komponen virus baru. Untuk menjelaskan reproduksi virus, biasanya digunakan contoh virus yang menyerang bakteri atau bakteriofage yang strukturnya dapat kamu lihat pada Gambar 2.5.

Fase-fase yang terjadi:

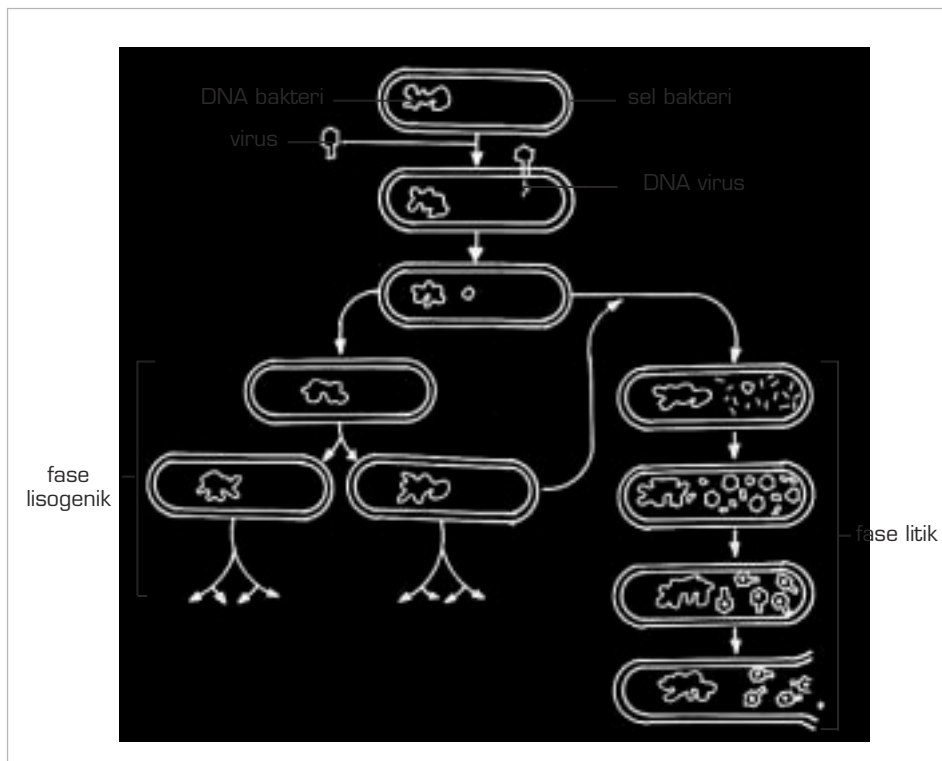
1. Penempelan (adsorpsi) virus pada sel inang yang cocok.
2. Penetrasi (injeksi) DNA virus ke dalam sel inang.
3. Awal pembentukan DNA virus dalam sel inang dan DNA sel inang dihancurkan. Selanjutnya, dibentuk DNA virus.
4. Replikasi atau perbanyakkan DNA virus.
5. Sintesis atau pembuatan protein pelindung virus.
6. Perakitan partikel virus baru.
7. Pembebasan partikel virus yang telah masak dari sel inang dengan memecah (lisis) sel inang. Virus-virus baru yang dikeluarkan, kemudian dapat menginfeksi sel-sel lain dan tahapan di atas dapat terulang kembali.

- selubung protein
- asam nukleat virus
- kromosom bakteri
- serabut ekor
- ekor

Gambar 2.6 Fase-fase reproduksi virus bakteri (bakteriofage): Reproduksi diawali dengan fase adsorpsi, kemudian penetrasi DNA, replikasi, sintesis, perakitan sampai pembebasan virus baru

Sebagian besar bakteriofage bersifat virulen, yaitu dapat menyebabkan lisis atau pecahnya sel inang. Beberapa bakteriofage bersifat nonvirulen, masuknya DNA virus tidak diikuti dengan pembentukan virus-virus baru. DNA virus tidak menyebabkan sel inang pecah, tetapi hanya menempel pada DNA bakteri dan menjadi bagian dari DNA bakteri. DNA virus yang menempel pada DNA bakteri disebut **profage**. Pada saat bakteri membelah, **profage** ikut membelah sehingga bakteri hasil pembelahan mengandung profage. Virus yang mengalami proses semacam ini disebut mengalami fase **lisogenik**.

Fase lisogenik dapat terjadi karena sel bakteri mempunyai daya tahan atau semacam daya imun yang menyebabkan virus tidak dapat bersifat virulen. Akan tetapi, jika keadaan lingkungan berubah dan daya tahan bakteri berkurang, keadaan lisogenik ini dapat berubah menjadi litik atau lisis. Dalam keadaan ini, profage akan berubah menjadi virulen dan bakteri akan hancur (lisis) karena terbentuknya virus-virus baru. Hubungan antara fase litik dan fase lisogenik dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 2.7 Hubungan fase litik dan fase lisogenik pada virus: Dalam keadaan lingkungan tertentu, virus yang berada pada fase lisogenik dapat beralih ke fase litik

Tugas 2.1

Untuk meningkatkan wawasanmu tentang struktur dan perkembangbiakan virus. Buatlah kelompok-kelompok kecil dalam kelas. Dua di antara kelompok-kelompok yang terbentuk bertugas mencari berbagai informasi tentang struktur dan perkembangbiakan virus dari majalah, koran atau internet; informasi yang telah diperoleh dipresentasikan di depan kelas dan didiskusikan dengan kelompok lain yang mempunyai tugas berbeda.

2. Virus dan Penyakit

Penyakit influenza, cacar, herpes, demam berdarah, hepatitis, AIDS, dan flu burung merupakan penyakit-penyakit yang disebabkan oleh virus. Beberapa contoh penyakit dan virus penyebabnya dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel Beberapa Penyakit Manusia karena Virus

Nama Penyakit	Virus Penyebab
Campak	Paramyxovirus
Campak Jerman (Rubella)	Virus Rubella
Pneumonia Atypical	Paramyxovirus 1-3; Orthomyxovirus tipe A, B, dan C
Pilek	Virus Coryza; Rhinovirus
Influenza	Orthomyxovirus tipe A, B, dan C
Hepatitis	Virus Hepatitis
Herpes	Herpes simplex tipe 1 dan 2
Poliomelitis	Virus Polio
Encephalis	Virus Semliki Forest
Penyakit Gondong	Paramyxovirus
Smallpox	Virus Smallpox
Rabies	Rhabdovirus
Demam berdarah	Tagovirus (Flavivirus)
Demam kuning	Tagovirus (Flavivirus)
Acquired Immunodeficiency Syndrome (AIDS)	HTLV III (LAV)
Flu Burung	Orthomyxovirus tipe A subtype H5N1
SARS	Corona Paramyxovirus
Demam berdarah ebola	Ebola Haemorrhagic Virus

Virus dapat menyerang bakteri, tumbuhan, hewan, atau manusia. Berdasarkan inang yang diserangnya, virus dikelompokkan menjadi virus bakteri, virus tumbuhan, dan virus hewan. Virus hewan, misalnya virus yang menyebabkan penyakit kuku dan mulut pada ternak, misalnya sapi, kerbau, kambing, dan virus yang menyebabkan kematian pada burung unta. Contoh virus tumbuhan adalah virus TMV, virus pada tomat, dan virus pada padi.

Virus bakteri disebut juga bakteriofage atau fage (fage berasal dari kata Yunani **phage** yang berarti makan). Virus bakteri yang terkenal adalah virus yang menyerang bakteri **Escherichia coli** atau disebut **fage coli**. Fage coli diberi nama T₁ sampai T₇.

Virus dapat menimbulkan penyakit melalui dua cara. Pertama melalui kemampuannya dalam memecahkan sel menyebabkan pecahnya sel, dan yang kedua melalui kemampuannya dalam menghasilkan racun. Pada siklus litik, jika suatu virus dapat memperbanyak diri, sel inang akan dihancurkan, kemudian virus-virus tersebut akan menginfeksi sel lain dan menimbulkan penyakit. Virus jenis lain dapat menimbulkan penyakit karena kemampuannya dalam menghasilkan racun yang dapat menghambat metabolisme inangnya sehingga sel tersebut menjadi sakit.

Salah satu virus yang saat ini sangat ditakuti karena menyebabkan penyakit berbahaya, yaitu virus HIV (**Human Immunodeficiency Virus**). Virus ini menyebabkan penyakit AIDS. Materi genetik virus ini adalah RNA yang dilengkapi **enzim transkriptase balik**. RNA virus tersebut dapat digunakan sebagai cetakan untuk membentuk DNA dengan bantuan enzim transkriptase balik yang dimilikinya. Jika virus HIV menginfeksi sel, yaitu sel limfosit manusia yang mengandung DNA, RNA virus tersebut akan digunakan sebagai cetakan untuk membentuk DNA. DNA yang terbentuk ini sekarang dengan mudah dapat melekatkan diri pada DNA sel inang dan akan mengikuti proses perbanyakan sel inang tersebut.

Dalam waktu tertentu, DNA virus yang menempel pada inang menjadi tidak aktif. Akan tetapi, pada kondisi tertentu, DNA dari virus yang menempel pada sel limfosit tadi, kemudian diterjemahkan menjadi RNA. Dari RNA, kemudian dapat dibuat protein-protein yang dibutuhkan untuk melengkapi pembentukan virus baru. Terjadilah virus-virus baru dan sel inang, yaitu sel limfosit, akan mengalami lisis. Jika sel limfosit yang berperan dalam pertahanan tubuh mengalami penurunan jumlah karena rusak oleh virus, mulailah terjadi gejala AIDS. Gejala awal dari penderita AIDS adalah pembesaran kelenjar getah bening, kemudian badan lemah, panas dingin seperti sakit flu, berkeringat, dan penurunan berat badan. Dalam keadaan ini, daya tahan tubuh akan semakin menurun. Penderita akan menjadi sangat sensitif terhadap infeksi yang sangat ringan sekalipun. Penyakit flu yang bagi orang normal merupakan penyakit ringan, tetapi bagi penderita AIDS dapat menimbulkan akibat yang fatal.

Tugas 2.2

Kelompok berikutnya dari pembagian kelompok yang telah terbentuk sebelumnya, bertugas mencari informasi tentang penyakit-penyakit akibat virus dan bagaimana mekanismenya, lalu presentasikan dan diskusikan dengan kelompok lain.

3. Mutasi pada Virus dan Munculnya Virus-Virus Baru

Penyakit flu burung dan SARS yang telah diceritakan pada awal bab merupakan contoh-contoh penyakit yang ditimbulkan virus-virus “baru”. Dari mana atau dari apa virus-virus ini serta “virus-virus yang mulai bermunculan” itu berasal?

Telah diketahui tiga proses yang dapat menyebabkan munculnya penyakit-penyakit virus. Penyebab utama terjadinya penyakit virus yang baru adalah mutasi dari virus-virus yang sudah ada. Virus RNA cenderung memiliki kecepatan mutasi yang lebih tinggi dibandingkan virus DNA. Beberapa mutasi dapat menyebabkan varietas virus baru, yang dapat menyebabkan penyakit pada individu-individu yang sudah memiliki imunitas atau kekebalan tubuh terhadap virus sebelumnya yang sejenis. Contoh yang paling umum adalah pada virus influenza. Kita masih sering mengalami serangan flu meskipun sudah sering terserang penyakit tersebut sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa virus tersebut kemungkinan telah mengalami mutasi. Jika virus tersebut tidak bermutasi, seharusnya kita sudah mempunyai imunitas dari serangan yang pertama dan tidak akan mengalami serangan berikutnya.

Penyebab kedua adalah penyebaran virus yang sudah ada dari satu inang ke inang lainnya. Contohnya virus flu burung yang tadinya hanya dapat menyerang burung dan unggas, ternyata sekarang dapat menyerang mamalia tertentu termasuk manusia. Penyebab berikutnya adalah penyebaran penyakit virus dari satu populasi yang terisolasi ke populasi yang lebih luas. AIDS, misalnya dahulu tidak pernah dikenal dan hanya ditemukan pada populasi kecil kera di Afrika, tetapi sekarang dapat menyebar hampir ke seluruh dunia. Pada kasus ini, faktor teknologi dan sosial termasuk perjalanan antarnegara yang lebih mudah, teknologi transfusi darah, hubungan seksual, dan penyalahgunaan narkoba, menyebabkan penyakit yang tadinya tergolong langka ini menjadi fenomena global.

Jadi sebenarnya, virus-virus yang bermunculan sekarang ini bukanlah virus baru, melainkan virus lama yang bermutasi, meluaskan teritori inangnya dan diperluas area penyebarannya akibat teknologi dan hal-hal yang telah disebutkan di atas. Perubahan lingkungan yang alami atau yang disebabkan manusia, dapat meningkatkan lalu lintas virus yang dapat menyebabkan penyakit baru.

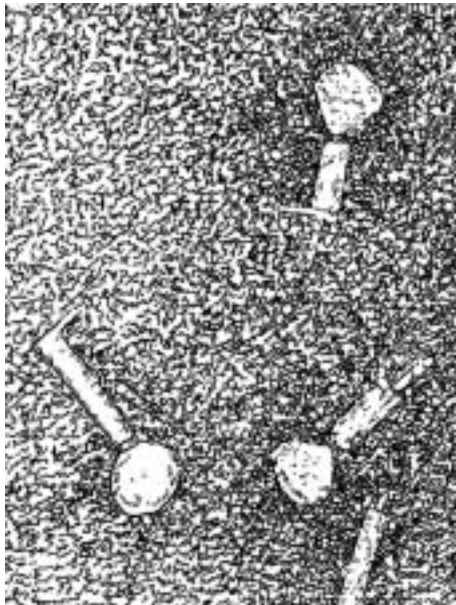
Tugas 2.3

Kelompok berikutnya dari pembagian kelompok yang telah dilakukan, bertugas mencari berbagai informasi tentang mutasi dan munculnya virus-virus baru. Setelah itu, presentasikan dan diskusikan dengan kelompok lain.

4. Pemanfaatan Virus

Virus yang selama ini kamu kenal, umumnya bersifat merugikan karena dapat menyebabkan penyakit. Namun, dengan kemajuan teknologi, saat ini virus mulai dimanfaatkan dalam beberapa bidang. Seperti telah diuraikan, virus mempunyai struktur sangat sederhana dan mempunyai daya infeksi yang sangat tinggi. Sifat-sifat ini kemudian dimanfaatkan dalam bidang bioteknologi, khususnya rekayasa genetik.

Dalam rekayasa genetik, untuk menghasilkan makhluk hidup yang mempunyai sifat-sifat menguntungkan dapat dilakukan dengan memindahkan gen pembawa sifat menguntungkan tadi, kemudian menghasilkan sifat-sifat yang dibawa oleh gen tersebut. Untuk memasukkan atau membawa gen yang akan dipindahkan dari organisme asal ke organisme baru, diperlukan suatu pembawa atau **vektor**. Vektor yang tepat adalah virus. Tentu kamu tahu sebabnya.



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Virus mempunyai daya infeksi yang tinggi sehingga dapat dipakai sebagai pembawa atau vektor dari gen yang akan dimasukkan. Contoh virus yang dipakai sebagai vektor misalnya virus **Lamda**.

Virus juga dapat dimanfaatkan sebagai agen penyebab **mutasi**. Mutasi atau perubahan sifat yang disebabkan oleh perubahan susunan gen, sering sengaja dilakukan untuk memperoleh sifat-sifat tertentu yang dibutuhkan. Beberapa bakteri sering dengan sengaja diubah sifatnya dengan cara mutasi karena dengan

Gambar 2.8 Virus Bakteriofage Mu yang dapat digunakan sebagai agen penyebab mutasi

cara tersebut dapat diperoleh sifat baru yang lebih menguntungkan. Untuk melakukan proses mutasi pada bakteri, juga dapat digunakan virus. Contohnya adalah **Mu (Mutator Fage)**. Untuk mengetahui bentuk virus Mu, dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Tugas 2.4

Setelah semua informasi pada tugas-tugas sebelumnya terkumpul, lakukan presentasi dari tiap-tiap kelompok dan diskusikan hasilnya dalam kelas di bawah bimbingan gurumu. Untuk lebih memotivasi hasil yang baik, tiap kelompok dinilai dan kelompok terbaik diberi penghargaan khusus.

INFO BIOLOGI

Penyakit-Penyakit Akibat Virus yang Menghebohkan

- Tahun 1976 penghuni planet bumi dikejutkan kembali oleh mewabahnya penyakit demam berdarah ebola (**ebola haemorrhagic fever**). Penyakit yang disebabkan virus ganas ini pertama kali ditemukan di daerah barat Provinsi Sudan dan daerah Zaire (kini Republik Demokratik Kongo). Diperkirakan virus itu berasal dari hutan di Afrika dan Asia. Virus menyebar melalui kontak langsung dengan darah, cairan tubuh, jaringan tubuh penderita atau melalui jarum suntik yang terkontaminasi. Demam berdarah ebola termasuk satu penyakit virus paling ganas di jagat ini. Penyakit ini menyebabkan kematian sekitar 50% – 90% dari semua penderitanya. Sejak 1976 hingga Januari 2002 total terjadi sekitar 1.500 kasus, dengan lebih dari 1.000 orang meninggal dunia. Celakanya obat maupun vaksin untuk penyakit ini belum ditemukan.
- Salah satu petaka yang melegenda akibat ulah virus mematikan adalah wabah “Spanish Flu” atau “La Grippe”. Nama itu berasal dari sangat banyaknya korban tewas di Spanyol akibat penyakit ini. Pandeminya terjadi pada 1918 – 1919 dan membunuh manusia dalam jumlah yang lebih banyak dari jumlah korban perang Dunia I. Seperempat dari penduduk Amerika dan seperlima penduduk dunia terinfeksi virus ini. Dalam kurun waktu enam bulan saja lebih dari 20 juta nyawa melayang. Kematian bisa terjadi begitu cepat semenjak awal timbulnya gejala.

(Sumber: *Intisari*, Agustus 2003)

Rangkuman

1. Virus adalah parasit nonseluler berukuran sangat kecil, hanya mampu berkembang biak dalam sel yang diinfeksi.
2. Virus dapat berkembang biak secara litik dan lisogenik.
3. Struktur virus hanya terdiri atas materi genetik DNA atau RNA dan protein.
4. Beberapa virus dapat dilengkapi oleh pembungkus atau “envelope” berupa lipoprotein.
5. Suatu virus dengan materi genetik yang terbungkus oleh pembungkus protein disebut **partikel virus** atau **virion**.
6. Virus dapat berperan sebagai penyebab penyakit baik pada hewan, tumbuhan maupun manusia, bahkan beberapa penyakit mematikan pada manusia dapat disebabkan virus.
7. Saat ini virus dapat dimanfaatkan sebagai vektor (pembawa) dalam rekayasa genetik dan sebagai agen penyebab mutasi.

Kata Kunci

AIDS	flu burung	SARS
bakteriofage	kapsid	vektor
campak	mikroskop elektron	virion
envelope	mutasi	virus
fase lisogenik	parasit	
fase litik	polio	

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Materi genetik yang terkandung dalam virus dapat berupa
 - A. kromosom
 - B. DNA
 - C. RNA
 - D. Gen
 - E. DNA atau RNA
2. Virus berarti
 - A. penyakit
 - B. racun
 - C. penghancur
 - D. perusak
 - E. penyebar
3. Virus dapat berukuran antara
 - A. 10 – 200 μm
 - B. 10 – 300 μm
 - C. 20 – 200 μm
 - D. 20 – 300 μm
 - E. 20 – 600 μm
4. Kapsid yang terdapat pada virus merupakan
 - A. protein pelindung
 - B. protein struktural
 - C. protein fungsional
 - D. lipid dan sel inang
 - E. materi genetik
5. Yang dimaksud dengan bakteriofage adalah
 - A. virus yang dimakan bakteri
 - B. bakteri yang memakan virus
 - C. virus yang menginfeksi bakteri
 - D. virus yang menguntungkan bakteri
 - E. virus yang materi genetiknya RNA

6. "Envelope" pada virus influenza merupakan struktur yang dibangun dari
 - A. protein
 - B. karbohidrat
 - C. lipid dan protein
 - D. lemak dan karbohidrat
 - E. asam nukleat

7. Virion adalah suatu istilah yang berarti
 - A. virus yang siap menginfeksi inang
 - B. virus yang mengkristal
 - C. virus tanpa materi genetik
 - D. materi genetik virus yang terbungkus
 - E. virus yang menyebabkan sel inang lisis

8. Virus ada yang bersifat virulen dan nonvirulen. Yang dimaksud virus nonvirulen adalah
 - A. virus yang dapat menyebabkan sel inang pecah
 - B. virus yang tidak menyebabkan sel inang pecah
 - C. virus yang materi genetiknya RNA
 - D. virus yang materi genetiknya DNA
 - E. virus yang tidak mempunyai seludang protein

9. Fase lisogenik dari virus dapat berubah menjadi fase litik apabila
 - A. daya imunitas sel inang menurun
 - B. virus mengalami mutasi
 - C. virus mendapatkan materi genetik baru
 - D. virus bertemu dengan sel inang baru
 - E. sel inang mengalami mutasi

10. Virus RNA dapat menyisipkan materi genetiknya ke DNA sel inang karena
 - A. mempunyai DNA
 - B. dapat membentuk RNA yang dapat menyisip ke DNA
 - C. DNA sel inang dapat diubah menjadi RNA
 - D. mempunyai enzim transkriptase balik
 - E. virus RNA dapat menghancurkan DNA inang

11. Istilah profage pada fase lisogenik virus, berarti
 - A. bakal inang yang akan diinfeksi virus
 - B. inang yang telah diinfeksi virus
 - C. materi genetik virus yang telah menyisip dan ikut membelah pada inang
 - D. virus baru hasil perbanyakkan pada sel inang
 - E. virus yang kehilangan materi genetiknya

12. Beberapa virus yang materi genetiknya berupa RNA adalah
 - A. bakteriofage dan virus HIV
 - B. virus cacar dan virus herpes
 - C. virus influenza dan herpes
 - D. virus HIV dan flu burung
 - E. virus rabies dan cacar

13. Pembungkus atau “envelope” yang terdapat pada virus berasal dari
 - A. membran sel inang dari virus
 - B. hasil sintesis protein oleh virus
 - C. hasil samping yang dihasilkan virus selama berkembang biak
 - D. zat sisa yang dikeluarkan sel inang karena mengalami lisis
 - E. hasil metabolisme virus sendiri

14. Virus dapat digunakan sebagai vektor (pembawa) gen dalam rekayasa genetik karena
 - A. mudah berkembang biak
 - B. mudah berpindah dari satu sel ke sel inang lain
 - C. mempunyai alat transpor
 - D. dapat bermutasi dengan mudah
 - E. mempunyai enzim transkriptase balik

15. Meskipun sudah sering terserang flu, kita masih dapat terserang lagi. Hal ini kemungkinan disebabkan
 - A. daya tahan tubuh kita turun
 - B. virus flu telah mengalami mutasi
 - C. obat yang kita pakai menyebabkan kebal terhadap flu
 - D. cuaca yang buruk
 - E. kita tidak punya daya tahan terhadap virus flu

B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Tidak seperti makhluk hidup lain, virus tidak mempunyai sel sebagai unit kehidupannya. Jelaskan mengapa meskipun virus tidak mempunyai ciri-ciri hidup seperti organisme lain, kelompok ini tetap dibahas dalam biologi.
2. Jelaskan secara singkat tentang bagaimana virus dapat memperbanyak diri dalam sel inang yang dimasukinya dan mengapa virus disebut sebagai parasit obligat?
3. Dalam siklus hidupnya, virus dapat mengalami fase litik dan fase lisogenik. Jelaskan perbedaan mendasar dan hubungan antara kedua fase tersebut serta bagaimana terjadinya perubahan dari fase lisogenik ke fase litik.
4. Akhir-akhir ini kita sering mendengar penyakit-penyakit baru yang diakibatkan virus. Benarkah penyakit-penyakit tersebut disebabkan virus yang benar-benar baru, jika tidak, jelaskan hal-hal apa saja yang dapat menyebabkan kejadian-kejadian tersebut.
5. Virus disebut sebagai makhluk hidup yang bersifat parasit obligat. Jelaskan apa yang dimaksud dengan istilah tersebut, kemudian jelaskan pula mengapa dengan sifat-sifat tersebut, virus dapat dimanfaatkan sebagai vektor dalam rekayasa genetik.

Bab III

Arkeobakteria dan Eubakteria



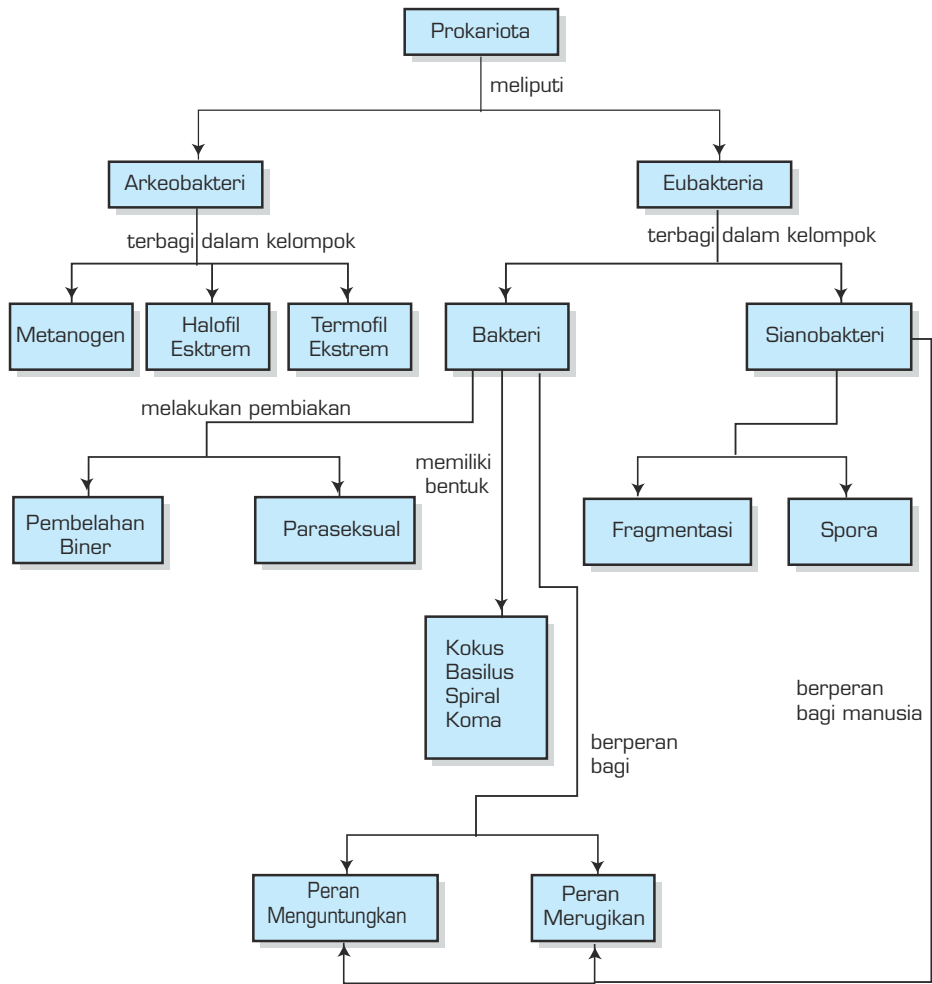
Sumber: *Biology, The Unity and Diversity of Life, Starr Taggart*

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. menjelaskan ciri Arkeobakteria;
2. menjelaskan peranan Arkeobakteria;
3. menjelaskan ciri-ciri dan struktur Eubakteria;
4. menjelaskan peranan Eubakteria bagi kehidupan;
5. menjelaskan karakteristik alga biru;
6. menjelaskan peranan alga biru bagi kehidupan.

PETA KONSEP



Setelah kita mempelajari virus sebagai organisme yang belum memiliki sel sebagai unit kehidupannya, maka pada bab ini kita akan mempelajari makhluk hidup yang sedikit lebih kompleks dan sudah mempunyai sel meskipun selnya masih sangat sederhana. Kelompok makhluk hidup tersebut kita kenal dengan Prokariota. Sesuai dengan namanya, kelompok ini selnya belum mempunyai membran/selaput inti. Prokariota terbagi menjadi kelompok Arkeobakteria dan Eubakteria yang di dalamnya termasuk Sianobakteri yang dulu dikenal dengan alga hijau-biru. Kelompok Eubakteria dahulu kita kenal juga dengan nama Monera.

Mungkin kamu belum banyak menyadari bahwa selama ini kita selalu berhubungan dengan kelompok Prokariota. Pernahkah kamu merasakan sakit perut? Salah satu penyebab sakit perut yang paling umum adalah bakteri. Kamu juga pasti sudah kenal dan pernah makan keju, yoghurt, atau kecap. Tahukah kamu apa yang dapat mengolah bahan baku berupa susu dan kedelai menjadi makanan dan minuman yang lezat itu? Itulah bakteri, salah satu kelompok yang termasuk dalam dunia Prokariota. Contoh-contoh tersebut menunjukkan bahwa kita sudah sangat sering berhubungan dengan kelompok ini, baik hubungan yang menguntungkan maupun hubungan yang merugikan.

Prokariota merupakan makhluk hidup yang paling sederhana terdiri atas satu sel **prokariot**, yaitu sel yang belum **berselaput inti**. Virus dan kelompok ini sering dikenal sebagai kerajaan yang tak terlihat, dalam bahasa Inggris disebut "The invisible kingdom". Disebut demikian karena virus dan prokariota merupakan makhluk hidup yang sangat kecil yang tidak dapat diamati secara langsung dengan mata telanjang, tetapi benar-benar ada dan sangat banyak jumlahnya.

Tubuh kita merupakan salah satu tempat hidup dari berjuta-juta makhluk hidup yang tak terlihat itu. Makhluk-makhluk tersebut dapat ditemukan hampir pada semua lingkungan di bumi ini baik di air, tanah, atau udara. Keberadaan kelompok makhluk hidup tersebut pada lingkungan yang begitu luas menunjukkan bahwa mereka mempunyai peran penting dalam ekosistem bumi. Lebih dari 2.000 spesies Eubakteria berperan penting dalam ekologi maupun dalam kehidupan sehari-hari. Mereka dapat menguraikan materi-materi organik sehingga terjadi siklus materi. Khususnya bakteri, juga sangat berperan dalam fiksasi nitrogen, yaitu gas nitrogen di udara yang tadinya tidak dapat diserap makhluk hidup, diubah menjadi amonia atau amonium yang mudah dimanfaatkan makhluk hidup lain melalui tumbuhan. Prokariota khususnya Eubakteria juga dapat melakukan fermentasi menghasilkan bahan makanan yang lebih enak, dan lebih tinggi nilai gizinya, seperti yang dicontohkan di atas. Selain itu, bakteri dapat dimanfaatkan dalam pengolahan limbah, penyamakan kulit dan tekstil, pemisahan bahan tambang dari bijinya dan fungsi-fungsi lain yang tidak kalah penting.

Keberhasilan makhluk hidup ini untuk hidup di segala lingkungan disebabkan oleh kecepatan reproduksi yang tinggi dan kemampuan metabolisme yang beraneka ragam. Dalam kondisi yang baik, bakteri dapat menambah jumlahnya hingga dua kali lipat hanya dalam waktu setengah jam. Dalam bab ini kita akan membahas konsep-konsep penting tentang Arkeobakteria dan Eubakteria seperti yang dapat kamu lihat pada bagan konsep di halaman sebelumnya.

A. Arkeobakteria

Istilah “Arkeo” berasal dari bahasa Yunani **archaio** yang berarti kuno. Sebagian besar spesies Arkeobakteria memang menempati lingkungan yang ekstrem dan lingkungan-lingkungan ekstrem semacam ini menyerupai habitat pada bumi purbakala (bumi kuno). Mereka dapat hidup di tempat yang makhluk hidup lain tidak dapat ditemukan, seperti pada lingkungan yang hampir beku di Antartika atau sebaliknya dapat ditemukan pada sumber air panas dengan temperatur 92°C. Selain itu, Arkeobakteria juga dapat ditemukan pada tempat dengan kadar garam atau kadar asam sangat tinggi. Kita dapat mengatakan bahwa Arkeobakteria adalah prokariot yang tempat hidupnya di lingkungan ekstrem. Penemuan kelompok Arkeobakteria ini sekarang banyak menarik perhatian ahli biologi untuk mempelajari gen-gen yang dapat mengode enzim-enzimnya guna dimanfaatkan dalam rekayasa genetik untuk menghasilkan organisme-organisme baru yang dapat hidup di lingkungan ekstrem seperti mereka.

Meskipun sel yang menyusun Arkeobakteria dan Eubakteria adalah sama-sama sel prokariot, keduanya masih mempunyai perbedaan mendasar dalam hal biokimia dan fisiologi. Secara umum perbedaan keduanya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3.1 Perbandingan karakteristik antara Arkeobakteria dan Eubakteria

Ciri-Ciri	Arkeobakteria	Eubakteria
Selaput inti	tidak ada	tidak ada
Organel yang terbungkus membran	tidak ada	tidak ada
Peptidoglikan di dinding sel	tidak ada	ada

Lipid membran	beberapa hidrokarbon bercabang	hidrokarbon tak bercabang
Enzim RNA Polimerase	beberapa jenis	satu jenis
Asam amino inisiator untuk permulaan sintesis protein	metionin	formil metionin
Intron (bagian gen yang bukan untuk pengkodean)	ada pada beberapa gen	tidak ada
Respons terhadap antibiotik streptomisin dan kloramfenikol	pertumbuhan tidak terhambat	pertumbuhan terhambat

Sumber: *Biologi*, Campbell

Telah disinggung sebelumnya bahwa sebagian besar Arkeobakteria menempati tempat yang lebih ekstrem di bumi. Para ahli biologi telah mengidentifikasi tiga kelompok utama Arkeobakteria, yaitu kelompok **metanogen**, **halofil ekstrem**, dan **termofil ekstrem**.

1. Metanogen

Dinamai metanogen karena sesuai dengan metabolisme energinya yang khas, yaitu H_2 digunakan untuk mereduksi CO_2 menjadi **metana** (CH_4). Pembentukan metana ini hanya dapat terjadi dalam kondisi yang benar-benar tanpa oksigen (anaerobik absolut). Jadi, kelompok ini sangat tidak menoleransi adanya oksigen ketika melakukan proses pembentukan metana (metanogenesis) bahkan akan teracuni dengan adanya oksigen.

Kelompok makhluk hidup ini hidup di lumpur dan rawa tempat mikroba lain telah menghabiskan semua oksigen. Hasil metanogenesis berupa metana, yang keluar sebagai gelembung dari tempat tersebut, dikenal dengan gas rawa. Metanogen juga merupakan pengurai penting yang digunakan dalam pengolahan kotoran. Beberapa petani telah mencoba menggunakan mikroba ini untuk mengubah sampah dan kotoran hewan menjadi metana yang dapat digunakan sebagai bahan bakar berharga. Spesies metanogen lain menempati lingkungan anaerobik di dalam perut hewan dan berperan penting dalam proses nutrisi seperti rayap, dan herbivora lain terutama yang mengandalkan makanan dari selulosa.

2. Halofil Ekstrem

Halofil berasal dari bahasa Yunani **halo** yang artinya garam dan **philos** yang artinya pencinta. Kelompok mikroba ini hidup di tempat dengan kadar

garam tinggi seperti Great Salt Lake dan Laut Mati. Beberapa spesies halofil ekstrem memiliki toleransi terhadap salinitas (kadar garam rendah), sementara spesies lainnya memerlukan suatu lingkungan yang sepuluh kali lebih asin dari air laut, untuk dapat tumbuh. Berbeda dengan kelompok metanogen yang anaerob obligat, kebanyakan dari kelompok ini adalah aerobik obligat atau membutuhkan oksigen untuk hidupnya.

3. Termofil Ekstrem

Sesuai dengan namanya, mikroba termofil dapat bertahan hidup dalam lingkungan panas. Kondisi optimum yang dibutuhkan oleh kelompok ini adalah suhu 60°C – 80°C. Sebagai contoh, genus **Sulfolobus** dapat hidup di mata air panas sulfur di Yellowstone National Park, dan mendapatkan energinya dengan cara mengoksidasi sulfur. Termofil lain yang dapat memetabolisasi sulfur, hidup pada suhu 105°C di daerah dekat lubang hidrotermal di laut dalam. Seorang ahli dari University of California bernama James Lake, meyakini bahwa termofil ekstrem adalah prokariota yang paling dekat hubungan kekerabatannya dengan eukariota (makhluk hidup yang selnya sudah mempunyai selaput inti).

Tugas 3.1

Dilihat dari ciri-ciri halofil ekstrem dan termofil ekstrem yang telah dijelaskan di atas, dapatkah kamu pikirkan kira-kira pada masa datang dapat kita manfaatkan sebagai apakah sifat-sifat yang terdapat pada kedua kelompok Arkeobakteria ini berkaitan dengan teknologi rekayasa genetik yang berkembang saat ini. Diskusikan dengan teman-teman dan gurumu.

B. Eubakteria

Dalam bab ini kita akan membahas lebih dalam tentang Eubakteria yang meliputi bakteri dan sianobakteri atau alga hijau-biru. Pembahasan meliputi ciri-ciri, struktur, ukuran, dan cara berkembang biak dari kelompok-kelompok tersebut. Di samping itu, juga akan dibahas tentang peranannya baik peran menguntungkan maupun peran merugikan.

1. Bakteri

Jika kamu mendengar kata bakteri, mungkin kamu membayangkan bakteri sebagai sesuatu yang dapat menyebabkan penyakit. Hal tersebut tidak sepenuhnya benar karena di antara sekian banyak jenis bakteri, hanya 1% yang bersifat patogen atau penyebab penyakit, sedangkan sisanya justru merupakan organisme yang bermanfaat.

Bakteri di alam jumlahnya sangat banyak. Sebagai contoh dalam 1 gram tanah diperkirakan terkandung 100 juta sel bakteri, sedangkan pada 1 ml susu segar terkandung lebih dari 3.000 juta sel bakteri. Bakteri bersama dengan fungi atau jamur, memegang peran penting bagi kelangsungan hidup organisme lain. Mereka dapat menguraikan materi organik dari tumbuhan dan hewan yang telah mati sehingga siklus materi dapat terus berlangsung. Dengan berlangsungnya siklus materi, maka materi yang dibutuhkan oleh makhluk hidup akan selalu tersedia.

Selain dapat menimbulkan penyakit bagi manusia, bakteri juga dapat digunakan untuk meningkatkan taraf hidup manusia karena dapat meningkatkan ekonomi. Peran bakteri menguntungkan bagi manusia, akan dibahas pada penjelasan selanjutnya.

a. Ciri-Ciri Bakteri

Bakteri bersel tunggal dan pada umumnya tidak berklorofil sehingga bersifat heterotrof (tidak dapat membuat makanannya sendiri). Namun, ada juga beberapa bakteri yang mempunyai pigmen serupa dengan klorofil. Bakteri semacam ini dapat melakukan fotosintesis sehingga bersifat autotrof (dapat membuat makanannya sendiri).

Bakteri dan alga hijau-biru dimasukkan dalam kelompok yang sama, yaitu Eubakteria karena adanya beberapa kesamaan. Keduanya dibangun oleh sel prokariot dan keduanya mempunyai dinding sel.

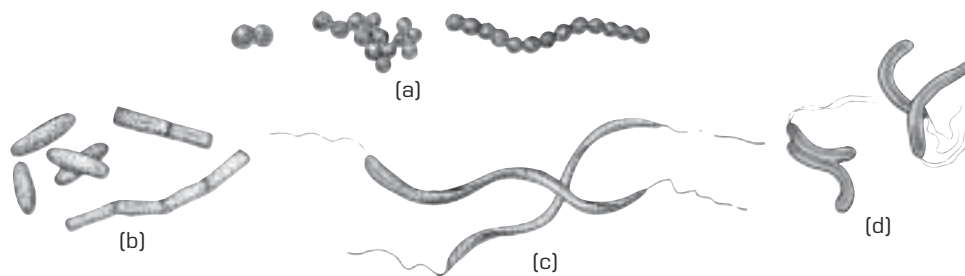
1) Ukuran Bakteri

Seperti disebutkan sebelumnya, bakteri merupakan kelompok organisme bersel tunggal berukuran terkecil. Satuan ukuran bakteri yang digunakan adalah μm (mikrometer) yang setara dengan $1/1000 \mu\text{m}$ atau $1/1.000.000 \text{ m}$. diameter rata-rata dari bakteri adalah $1 \mu\text{m}$, sedangkan panjangnya berkisar antara $0,1-100 \mu\text{m}$. Bakteri yang paling umum dipelajari berukuran antara $0,5 - 1,0 \times 2,0 - 5,0 \mu\text{m}$. Sebagai contoh bakteri stafilokokus dan streptokokus yang berbentuk bulat mempunyai diameter berkisar antara $0,75-1,25 \mu\text{m}$. Bakteri bentuk batang seperti bakteri tifoid penyebab penyakit tifus mempunyai diameter $0,5-1,0 \mu\text{m}$ dan panjang $2-3 \mu\text{m}$.

Dengan ukuran yang sedemikian kecil, maka bakteri hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop dengan perbesaran tinggi. Oleh karena itu, bakteri dikatakan juga sebagai mikroba atau mikroorganisme yang berarti organisme berukuran mikro.

2) Struktur Bakteri

Sel-sel bakteri dapat berbentuk bulat (**kokus**), batang (**basilus**), koma (**vibrio**) atau spiral (**heliks**). Sel-sel tunggal bakteri biasanya berkelompok atau berkoloni membentuk suatu susunan yang khas. Jika bakteri kokus berkoloni dua-dua, disebut diplokokus. Jika selnya berbaris seperti rantai, disebut streptokokus, dan jika berkelompok seperti anggur, disebut stafilokokus. Bentuk-bentuk bakteri dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 3.1 Sel bakteri tersusun atas susunan yang khas:

- a. Kokus (diplokokus, streptokokus, stafilokokus), b. Basilus (diplobasilus, streptobasilus), c. Spirila, d. Koma (vibrio)

Penamaan ini juga berlaku untuk bakteri yang berbentuk batang. Sel yang berkelompok dua-dua disebut diplobasilus, dan seperti rantai disebut streptobasilus. Untuk bakteri berbentuk spiral biasanya tidak berkelompok. Bentuk bakteri sering digunakan sebagai salah satu dasar untuk identifikasi bakteri. Untuk mengamati dan membuktikan adanya berbagai bentuk bakteri, kamu dapat melakukan kegiatan di bawah ini.

KEGIATAN 3.1

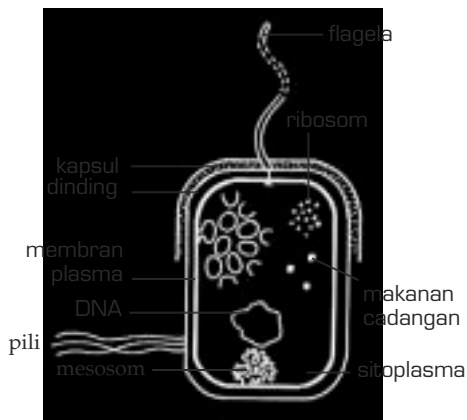
Mengamati Macam-Macam Bentuk Bakteri

1. Mula-mula sediakan 2 gelas objek. Bersihkan gelas objek tersebut dengan kapas beralkohol. Siapkan nasi basi atau kentang busuk dan kotoran gigi.
2. Ambil kotoran gigi dan bahan yang berasal dari salah satu bahan makanan busuk tadi dengan menggunakan tusuk gigi. Oleskan

kedua bahan pada dua gelas objek terpisah yang sebelumnya telah ditetesi air. Ratakan bahan tersebut setipis-tipisnya, kemudian keringkan di atas nyala api Bunsen atau lampu spiritus.

3. Tuangi seluruh bagian yang mengandung sediaan tersebut dengan zat warna **metilen biru** atau tinta cina. Biarkan selama 1-3 menit. Kemudian aliri sediaan tadi dengan air secara hati-hati. Selanjutnya keringkan di udara atau dengan kertas isap.
4. Amati sediaan tersebut di bawah mikroskop dengan lensa objektif 100 dan okuler 100. Objek sebelumnya ditetesi dengan minyak imersi. Amati apa yang kamu lihat, kemudian jawab pertanyaan di bawah ini.
 - a. Ada berapa macam bentuk bakteri pada sediaan kotoran gigi dan bagaimana susunannya?
 - b. Ada berapa macam bentuk bakteri pada nasi atau kentang busuk dan bagaimana susunannya?
 - c. Gambarkan bentuk dan susunan bakteri pada kedua sediaan yang kamu buat!

Kamu telah mengamati sendiri berbagai bentuk bakteri. Apa yang kamu amati tersebut masih menggambarkan struktur kasar bakteri. Kamu belum mengetahui bagaimana sebenarnya sel bakteri itu tersusun atas bagian-bagian yang lebih halus yang kita sebut struktur halus.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 3.2 Struktur halus bakteri: Bakteri tersusun atas kapsul, dinding sel, flagela, sitoplasma, ribosom, mesosom, dan DNA.

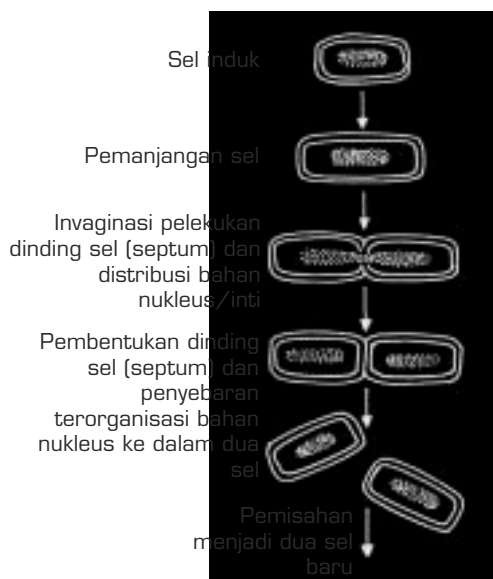
Untuk melihat struktur halus bakteri kita tidak dapat menggunakan mikroskop cahaya, tetapi harus dengan mikroskop elektron, dan hal tersebut tidak mungkin kita lakukan. Namun, untuk melihat garis besar struktur halus bakteri, kamu dapat melihat Gambar 3.2.

Permukaan luar bakteri biasanya dilindungi oleh suatu lapisan lendir atau kapsul. Kapsul penting bagi bakteri karena merupakan pelindung dan sebagai penyimpan cadangan makanan. Pada bakteri penyebab penyakit, kapsul dapat berfungsi meningkatkan kemampuan bakteri dalam menginfeksi inangnya atau dengan kata lain meningkatkan daya virulensi.

Dinding sel adalah lapisan yang terdapat antara kapsul dan membran plasma. Struktur dinding sel sangat kaku sehingga dapat memberi bentuk pada sel. Selain itu, dinding sel berfungsi sebagai pelindung isi sel. Zat utama yang membangun dinding sel adalah peptidoglikan, yaitu polimer dari asam amino dan asam glutamat. Masih ingatkah kamu apakah perbedaan antara zat utama pembangun dalam sel Arkeobakteria dan bakteri (Eubakteria)? Bakteri juga dapat dilengkapi dengan flagela, yaitu suatu alat yang dapat dipakai membantu pergerakan. Flagela bakteri bisa tunggal atau lebih dari satu. Seperti sel-sel lain, bakteri juga dilindungi oleh membran plasma yang berfungsi antara lain untuk terjadinya reaksi kimia. Struktur lain yang terdapat dalam sel bakteri, antara lain sitoplasma, ribosom, DNA berbentuk lingkaran dan mesosom.

3) Perkembangbiakan Bakteri

Bakteri merupakan makhluk hidup yang dapat berkembang biak dengan mudah. Hal ini dapat tercermin dari keberadaannya di semua lingkungan dalam jumlah yang sangat banyak. Bakteri dapat berkembang biak dengan cara membelah diri. Proses pembelahan diri pada bakteri terjadi secara biner melintang. Pembelahan biner melintang adalah pembelahan yang diawali dengan terbentuknya dinding melintang yang memisahkan satu sel bakteri menjadi dua sel anak. Dua sel bakteri ini mempunyai bentuk dan ukuran sama (identik). Untuk memahami pembelahan biner melintang perhatikan Gambar 3.3 berikut.



Sumber: *Biological science 1, Green*

Pada lingkungan yang baik, bakteri dapat membelah tiap 20 menit. Coba kamu hitung kalau setiap 20 menit bakteri dapat membelah, berapa jumlah bakteri yang akan dihasilkan dari satu bakteri dalam waktu 24 jam? Diskusikan dengan guru dan teman-temanmu apa yang akan terjadi kalau perkembangbiakan bakteri ini terus-menerus berlangsung tanpa ada faktor yang membatasinya. Perkembangbiakan

Gambar 3.3 Reproduksi bakteri dengan pembelahan biner melintang: Sel induk mula-mula memanjang, kemudian terjadi pelekukan dinding sel dan distribusi bahan inti, pembentukan dinding sel, dan akhirnya terbentuk dua sel anak baru.

dengan cara di atas merupakan perkembangbiakan bersifat aseksual. Hal ini disebabkan tidak terjadi pertukaran gen antara satu individu dan individu lain dalam menghasilkan sel anak.

Bakteri tidak melakukan pembiakan seksual yang sebenarnya, seperti yang terjadi pada makhluk hidup eukariot. Hal ini karena pada bakteri tidak terjadi penyatuan sel kelamin. Meskipun demikian, pada bakteri terjadi juga pertukaran materi genetik antara satu sel dan sel pasangannya seperti yang terjadi pada pembiakan seksual sel eukariot. Oleh karena itu, perkembangbiakan bakteri yang terjadi dengan cara ini disebut perkembangbiakan **paraseksual**.

Ada tiga cara perkembangbiakan paraseksual yang dapat terjadi pada bakteri, yaitu transformasi, konjugasi, dan transduksi (lihat Gambar 3.4). Transformasi adalah pemindahan potongan materi genetik atau DNA dari luar ke sel bakteri penerima. Dalam proses ini tidak terjadi kontak langsung antara bakteri pemberi DNA dan penerima.

Konjugasi adalah penggabungan antara DNA pemberi dan DNA penerima melalui kontak langsung. Jadi, untuk memasukkan DNA dari sel pemberi ke sel penerima harus terjadi hubungan langsung.

Transduksi adalah pemindahan DNA dari sel pemberi ke sel penerima dengan perantaraan virus. Dalam hal ini, protein virus yang berfungsi sebagai cangkang digunakan untuk membungkus dan membawa DNA bakteri pemberi menuju sel penerima.



Sumber: *Biological Science 1*, Green

Gambar 3.4 Reproduksi bakteri secara paraseksual:
a. Konjugasi, b. Transduksi, c. Transformasi

b. Peran Bakteri

Seperti telah disinggung pada bagian sebelumnya, bakteri mempunyai peran yang dapat berlawanan. Di satu sisi bakteri dapat merugikan, tetapi di sisi lain juga dapat sangat menguntungkan.

1) Peran Merugikan

Mungkin kamu lebih sering mendengar kerugian yang diakibatkan oleh bakteri dibandingkan keuntungan yang dihasilkan bakteri. Bakteri dapat menimbulkan kerugian baik bagi tumbuhan, hewan maupun manusia, terutama karena bakteri dapat menimbulkan berbagai macam penyakit.

Penyakit pada manusia yang ditimbulkan bakteri cukup beragam. Penyakit yang ditimbulkan dapat menyerang berbagai organ tubuh mulai dari kulit sampai ke otak. Beberapa contoh penyakit pada manusia yang disebabkan oleh bakteri dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Beberapa Penyakit yang Disebabkan Bakteri

Nama Penyakit	Bakteri Penyebab
Demam Tiphoid	<i>Salmonella typhi</i>
Kolera	<i>Vibrio cholerae</i>
Disentri	<i>Shigella dysenteriae</i>
Keracunan makanan	<i>Clostridium Staphylococcus</i> sp.
Traveler diare	<i>Escherichia coli</i>
Tifus	<i>Rickettsia typhi</i>
Demam Q	<i>Coxiella burnetii</i>
Plague	<i>Pasteurella pestis</i>
Difteri	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Tuberculosis (TBC)	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Meningitis	<i>Neisseria meningitidis</i>
Demam Scarlet (Demam rematik)	<i>Streptococcus pneumoniae</i>
Tonsilitis	<i>Streptococcus</i> sp.
Gonorea	<i>Neisseria gonorrhoea</i>
Sipilis	<i>Treponema pallidum</i>
Tetanus	<i>Clostridium tetani</i>
Gas gangren	<i>Clostridium perfringens</i>

Bakteri dapat menimbulkan penyakit dengan berbagai cara. Cara yang pertama adalah bakteri dapat menyebabkan iritasi atau luka. Selain itu, bakteri juga dapat secara langsung menghancurkan sel inangnya sehingga sel inang menjadi rusak. Cara berikutnya adalah dengan menghasilkan racun yang dapat mengganggu metabolisme sel inang. Karena bakteri dapat merugikan manusia dengan berbagai sifat di atas, saat ini manusia memanfaatkan sifat-sifat tersebut untuk membuat senjata biologis. Contoh bakteri yang digunakan sebagai senjata biologis, misalnya *Bacillus anthracis*, penyebab penyakit antraks.

Penanggulangan penyakit yang disebabkan bakteri pada umumnya menggunakan zat yang disebut antibiotik. Antibiotik dapat diproduksi dari monera lain atau dari jamur. Contoh antibiotik yang terkenal, misalnya penisilin, tetrasiklin, dan sefalosporin. Tabel 3.3. menunjukkan beberapa antibiotika dan organisme penghasilnya.

Tabel 3.3 Beberapa Antibiotik dan Organisme Penghasilnya

Macam Antibiotik	Organisme Penghasil	Kelompok
Penisillin	<i>Penicillium notatum</i>	Fungi/Jamur
Griseofulvin	<i>Penicillium griseovulvum</i>	Fungi/Jamur
Streptomisin	<i>Streptomyces griseus</i>	Actinomycetes
Chloramphenicol	<i>Streptomyces venezuelae</i>	Actinomycetes
Tetrasiklin	<i>Streptomyces aerofaciens</i>	Actinomycetes
Colistin	<i>Bacillus colistinus</i>	Bakteri
Polomiksin B	<i>Bacillus polymxa</i>	Bakteri

Bakteri juga dapat menyerang hewan ataupun tumbuhan. Contoh bakteri yang menyebabkan penyakit pada hewan adalah *Salmonella*. Bakteri ini dapat menyebabkan keracunan pada babi atau unggas karena dapat menghasilkan racun. Bakteri yang menyerang tumbuhan, di antaranya *Agrobacterium tumifaciens* menyebabkan penyakit **crown gall** pada tanaman buah-buahan.

Secara tidak langsung bakteri juga dapat merugikan manusia karena dapat merusak bahan pokok kebutuhan manusia. Makanan sebagai bahan pokok kebutuhan manusia, merupakan media yang baik bagi pertumbuhan bakteri. Oleh karena itu, untuk mempertahankan agar makanan tidak rusak oleh bakteri perlu dilakukan proses yang disebut sterilisasi.

Sterilisasi adalah suatu usaha membebaskan alat-alat atau bahan-bahan dari segala macam bentuk kehidupan atau kontaminasi terutama oleh mikroba. Sterilisasi dapat dilakukan dengan berbagai macam cara. Secara fisik, misalnya dengan pemanasan, sinar ultraviolet, dan sinar X; secara mekanis, misalnya dengan cara penyaringan; secara kimia dengan menggunakan desinfektan.

Sterilisasi yang paling banyak digunakan biasanya adalah dengan cara pemanasan. Sterilisasi dengan pemanasan biasanya menggunakan tekanan atm dan suhu 121°C, selama 15 menit. Dengan proses ini, bakteri bersama sporanya akan mati sehingga makanan menjadi lebih tahan lama. Cara lain untuk mengawetkan makanan adalah dengan proses pasteurisasi, yaitu

pemanasan pada suhu 62°C selama 30 menit atau 71°C selama 15 menit. Pasteurisasi biasanya dilakukan untuk mensterilkan susu yang tidak tahan pada pemanasan yang terlalu tinggi.

Proses lain yang sering dilakukan untuk mengawetkan makanan adalah dengan merendam makanan tersebut dalam larutan garam atau larutan gula. Dengan cara ini bakteri juga akan mati. Coba diskusikan dengan teman dan gurumu, mengapa dengan perendaman pada larutan garam dan larutan gula bakteri dapat mati? Proses apakah yang terjadi pada bakteri sehingga menyebabkan kematian selnya?

INFO BIOLOGI

Penyakit yang Menyerang Paru-Paru

Tuberkulosis (TBC) adalah penyakit infeksi kronis yang biasanya menyerang paru-paru, tetapi dapat juga menyerang hampir seluruh bagian tubuh kita. Penyebabnya adalah bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Usia penyakit ini sudah ribuan tahun, tetapi hingga kini belum berhasil dilenyapkan dari muka bumi. Dahulu penyebaran TBC sangat luas dan fatal akibatnya. Semua penderita pasti meninggal dunia, termasuk ilmuwan Yunani Hippocrates menjadi korban dari penyakit ini. Beruntung Robert Koch berhasil menemukan bakteri ini pada 1882. Lebih bersyukur lagi, tahun 1921 vaksin TBC yang kita kenal dengan nama BCG (**Bacille Calmette Guerin**), ditemukan oleh ilmuwan Prancis, Alber Calmette dan Camille Guerin. Setelah ditemukan antibiotik untuk TBC tahun 1940–1950 an, kasus TBC menurun drastis. Namun, pada tahun 1985 penurunan itu terhenti, TBC kembali menyebar. Terhadap penyakit akibat bakteri ini kita harus waspada. Soalnya banyak orang terinfeksi TBC, tetapi tidak menunjukkan gejala. Setiap tahun delapan juta penduduk dunia terjangkit penyakit TBC bergejala, dan tiga juta orang meninggal dunia. Diperkirakan sampai tahun 2020 sekitar satu miliar orang akan terinfeksi, lebih dari 150 juta orang akan sakit dan 36 juta akan meninggal.

(Sumber: Intisari, Agustus 2003)

2) Peran Menguntungkan

Seperti telah dikemukakan, peran menguntungkan bakteri lebih banyak daripada peran merugikan. Sembilan puluh sembilan persen (99%) bakteri justru dapat memberikan manfaat bagi organisme lain khususnya manusia. Salah satu manfaat bakteri adalah dalam proses penguraian makhluk hidup yang telah mati. Melalui proses ini, bakteri bersama dengan jamur memecah materi organik menjadi materi anorganik. Sebagai contoh, protein yang

tadinya bersifat organik dapat diubah menjadi senyawa nitrat (NO_3) yang bersifat anorganik. Contoh bakteri yang dapat melakukan penguraian protein menjadi nitrat adalah **Nitrosomonas** dan **Nitrobacter**.

Nitrat oleh tumbuhan kemudian dipakai sebagai bahan baku pembentuk protein. Protein dipakai untuk menyusun tubuh tumbuhan dan hewan. Tubuh tumbuhan dan hewan yang telah mati, kemudian diuraikan lagi oleh bakteri menjadi senyawa nitrat. Dengan demikian, terjadi suatu siklus materi.

Kegunaan lain dari bakteri adalah dapat menambat senyawa nitrogen dari udara. Peran ini penting karena kebutuhan nitrogen tidak cukup hanya dipenuhi dari tanah sebagai hasil proses penguraian di atas. Bakteri dapat memfiksasi atau menambat nitrogen dari udara dengan cara bersimbiosis dengan akar tumbuhan kacang-kacangan atau dengan membentuk bintil akar. Dalam simbiosis ini bakteri menyediakan nitrat yang dibutuhkan tumbuhan, sedangkan tumbuhan menyediakan bahan makanan untuk menunjang hidup bakteri. Contoh bakteri semacam ini adalah **Rhizobium**.

KEGIATAN 3.2

Mengamati Bakteri pada Bintil Akar

Untuk mengenal apa yang disebut bintil akar, coba cari tanaman yang termasuk kacang-kacangan, misalnya kacang tanah. Perhatikan bintil akarnya. Dengan bantuan gurumu, coba sayat bintil akar tersebut dan warnai sayatan tadi dengan metilen biru (seperti yang sudah kamu lakukan pada kegiatan sebelumnya). Amati sayatan tersebut di bawah mikroskop. Apakah kamu dapat menemukan sel bakterinya? Setelah kamu temukan, gambarkan bagaimana bentuk sel dan koloni bakteri yang teramati.

Beberapa bakteri telah lama digunakan dalam industri karena bakteri dapat melakukan proses fermentasi. Dalam industri pengolahan makanan, bakteri berperan dalam melakukan proses fermentasi suatu bahan menjadi bahan lain yang lebih enak rasanya. Sebagai contoh, susu dapat diubah menjadi keju, mentega atau yoghurt oleh bakteri **Lactobacillus** dan **Streptococcus lacti**. Bakteri juga dapat digunakan dalam produksi antibiotik seperti tertera pada Tabel 3.3.

Bakteri juga dimanfaatkan dalam industri lain, seperti pembuatan asam cuka dari fermentasi alkohol yang dilakukan oleh bakteri **Acetobacter**. Selain itu, bakteri juga digunakan dalam produksi berbagai macam enzim, misalnya enzim **glukosa isomerase** diproduksi oleh bakteri **Bacillus subtilis**. Beberapa produk yang dihasilkan bakteri dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Beberapa Produk Industri yang Dihasilkan Bakteri

Produk	Bakteri Penghasil	Manfaat Produk
Enzim protease Butano dan aseton Indigo Xanthan gum	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Clostridium acetobulylicom</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Xanthomonas campestris</i>	Pelunak daging Pelarut Pewarna tekstil Penggumpal makanan, cat, dan kosmetik
Cynocobalamin (Vit. B12) Gelan Asam glutamat Interferon	<i>Proionbacterium shermanii</i> <i>Pseudomonas sp.</i> <i>Corynebacterium glutamicum</i> <i>Escherichia coli</i>	Makanan tambahan (food supplement) Penggumpal makanan Penyedap rasa Pengobatan infeksi virus

Enzim yang terdapat dalam beberapa bakteri juga dapat dimanfaatkan untuk menguraikan selulosa menjadi CO_2 dan CH_4 . CH_4 atau gas metan sering disebut biogas. Biogas kini telah banyak digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

KEGIATAN 3.3

Pemanfaatan Bakteri (Membuat Nata de coco)

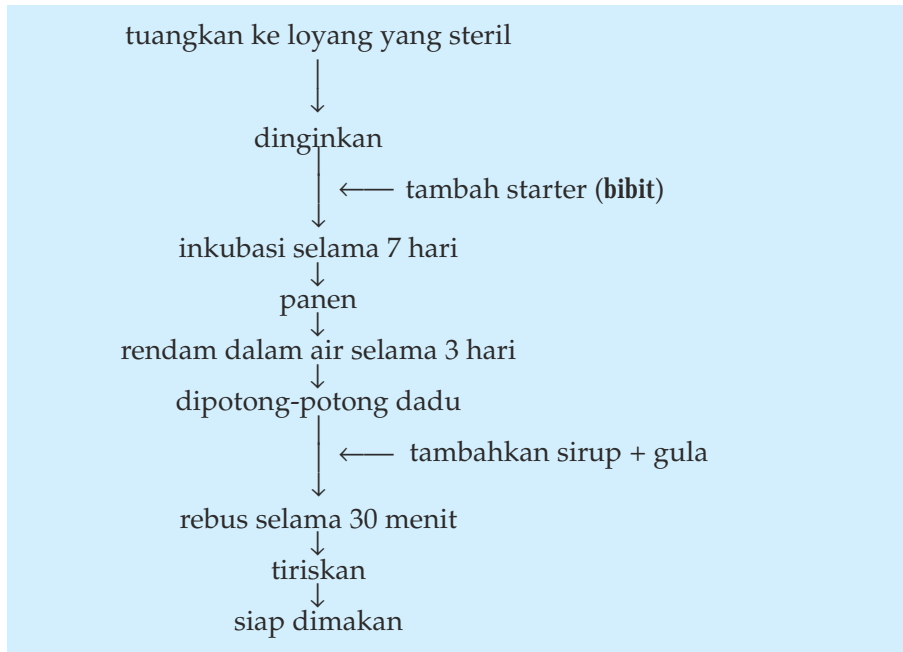
Bakteri dapat kita manfaatkan untuk menghasilkan makanan/ minuman yang lebih enak rasanya dan dapat dijadikan sumber pendapatan. Nata adalah sejenis makanan penyegar atau pencuci mulut yang biasanya dibuat dari air kelapa yang difermentasi menggunakan bakteri **pembentuk selulosa** yang dikenal sebagai *Acetobacter xylinum* dan *Acetobacter pasteurianus*. Dengan resep di bawah ini cobalah buat Nata de coco.

Cara pembuatan:

Bahan: air kelapa 1 liter
gula pasir 4 gr
urea 0,2 gr
ZA 3 gr

Tahap kerja:

air kelapa disaring dan dimalamkan
↓ ← di tambah gula pasir, urea, ZA
panaskan sampai mendidih (10 -- 15 menit)
↓



Bakteri, terutama *Escherichia coli* dalam rekayasa genetik sering digunakan sebagai tempat terjadinya penggabungan gen untuk menghasilkan sifat-sifat atau produk baru yang diinginkan, misalnya dalam memproduksi hormon insulin, gen insulin yang terdapat pada manusia dipotong, kemudian disambungkan ke gen bakteri. Selanjutnya bakteri inilah yang akan menghasilkan insulin dalam jumlah banyak karena dalam DNA-nya telah terdapat gen insulin. Selain itu, bakteri *E. coli* juga digunakan dalam bioteknologi produksi interferon, yaitu suatu antivirus yang dihasilkan oleh sel-sel manusia, tetapi melalui rekayasa genetika dapat diproduksi oleh bakteri tersebut. Informasi tentang teknologi yang menggunakan bakteri ini, akan kamu peroleh di kelas XII pada bab bioteknologi.

INFO BIOLOGI

Bakteri yang Berjasa Mengurangi Impor Gula

Glukosa isomerase adalah enzim yang dapat mengubah glukosa menjadi gula yang jauh lebih manis, yaitu fruktosa. Fruktosa saat ini banyak digunakan dalam berbagai industri makanan dan minuman sebagai bahan pemanis menggantikan gula karena menghasilkan rasa manis yang sama dengan pemakaian jauh lebih sedikit. Fruktosa dapat dihasilkan dari bahan baku murah yang mengandung banyak glukosa seperti sirup jagung dengan menggunakan enzim tersebut. **High fructose**

corn syrup (HFCS) atau sirup jagung yang banyak mengandung fruktosa tinggi dapat dihasilkan berkat jasa suatu bakteri, yaitu **Bacillus coagulan** penghasil enzim glukosa isomerase. Berkat jasa bakteri ini, di USA impor gula menurun tajam. Manfaat yang lebih luas adalah menurunnya permintaan akan gula juga perubahan penggunaan lahan yang tadinya ditanami tebu menjadi ditanami jagung dan beras yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan pokok masyarakat dunia.

(Sumber: *Biotechnology in School*, 1990)

Tugas 3.2

Untuk menambah wawasanmu tentang peran menguntungkan dan merugikan dari bakteri, carilah artikel-artikel yang berkaitan dengan hal tersebut baik dari koran, buku, majalah atau internet. Setelah terkumpul, buatlah suatu kliping yang bisa kamu kumpulkan pada guru. Selanjutnya pada kesempatan tertentu kumpulan kliping tersebut dapat dipresentasikan.

2. Sianobakteri

Sianobakteri atau cyanophyta sering disebut juga alga hijau-biru. Seperti halnya bakteri, Sianobakteri merupakan organisme prokariot (inti selnya belum mempunyai membran). Sianobakteri ini dapat kamu temukan pada berbagai lingkungan mulai dari air laut, kolam, danau, tanah, permukaan batuan, kulit kayu, tembok basah sampai di sumber air panas.

a. Ciri-Ciri Sianobakteri

Organisme ini mempunyai beberapa kesamaan dengan bakteri. Selain inti selnya belum bermembran, Sianobakteri tidak mempunyai beberapa macam organel (mitokondria dan plastida) seperti yang dimiliki sel eukariot. Seperti halnya bakteri, kelompok ini juga mempunyai dinding sel yang dibangun oleh molekul karbohidrat. Namun, tidak seperti kebanyakan bakteri, seluruh spesies Sianobakteri mampu melakukan proses fotosintesis. Meskipun demikian, proses fotosintesis tidak terjadi pada kloroplas seperti halnya yang terjadi pada tumbuhan tinggi. Dengan demikian, Sianobakteri termasuk organisme autotrof atau organisme yang dapat menghasilkan makanannya sendiri.

Selain klorofil, Sianobakteri mempunyai pigmen **karotenoid** (berwarna oranye), **fikosianin** (berwarna biru), dan **fikoeretrin** (berwarna merah). Pada

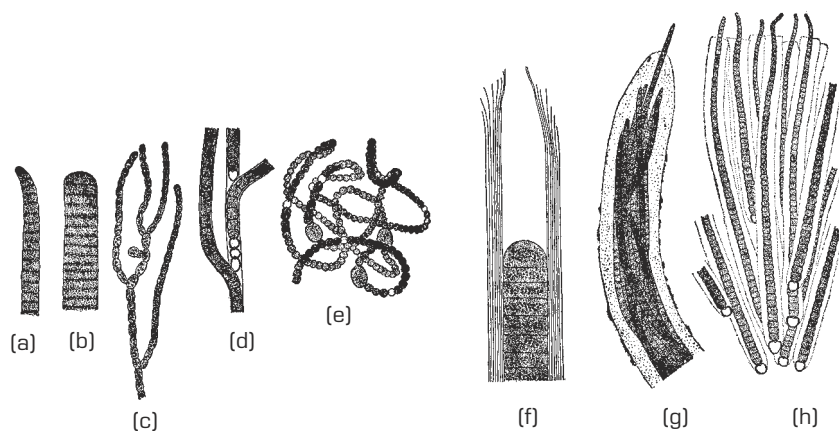
umumnya pigmen yang paling dominan selain klorofil adalah fikosianin sehingga penampakan Sianobakteri ini adalah hijau kebiruan. Namun, ada juga **Sianobakteri** yang berwarna kemerahan, kuning kecokelatan atau cokelat kehitaman.

1) Ukuran Sianobakteri

Sel pada Sianobakteri atau **Cyanophyta** berukuran mikro. Namun, jika sel-selnya membentuk koloni, ukuran koloninya bisa cukup besar sehingga dapat dilihat dengan mata telanjang. Ukuran sel Sianobakteri dapat bervariasi dengan diameter antara 0,5 sampai 1 μm dan panjang dapat mencapai 60 μm . Sianobakteri yang mempunyai ukuran sel terbesar adalah **Oscillatoria princeps**. Organisme ini juga merupakan organisme prokariot terbesar.

2) Struktur Sianobakteri

Sel Sianobakteri dapat berbentuk bulat atau batang dan kemudian dapat berkoloni. Koloninya dapat berbentuk benang atau filamen juga berbentuk tandan. Macam-macam bentuk Sianobakteri dapat dilihat pada Gambar 3.5.

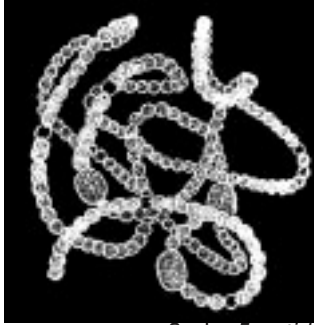


Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 3.5 Macam-macam Sianobakteri

(a) *Oscillatoria formosa*, (b) *O. limosa*,
 (c) *Nostochopsis lobatus*, (d) *Tolypothrix tenuis*, (e) *Anabaena circinalis*,
 (f) *Porphyrosiphon notarisii*, (g) *Microcoleus vaginatus*, (h) *Rivularia dura*

Dinding sel Sianobakteri tersusun dari peptidoglikan, yaitu bahan yang sama dengan bahan penyusun dinding sel bakteri. Dinding sel ini pada bagian luarnya sering dilapisi oleh lapisan pelindung yang terbuat dari zat seperti jeli. Jeli selain berfungsi sebagai pelindung, juga merupakan bahan yang dapat menyatukan sel dengan sel lainnya dalam membentuk koloni.



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

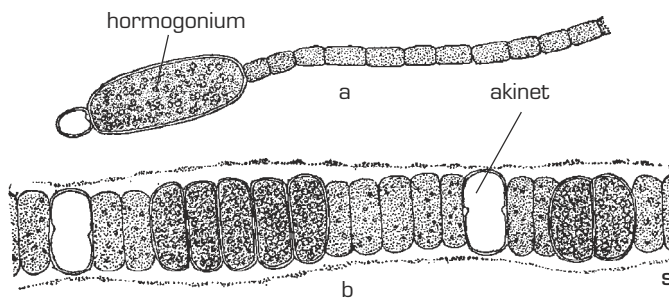
Gambar 3.6 Heterokista yang merupakan struktur khusus berfungsi untuk fiksasi nitrogen

Beberapa Sianobakteri dapat membentuk sel khusus berdinding tebal yang disebut **heterokista**. Di dalam heterokista terdapat enzim nitrogenase yang dapat memfiksasi N_2 dari udara sehingga Sianobakteri yang mempunyai heterokista, selain dapat melakukan fotosintesis juga dapat memfiksasi nitrogen dari udara. Struktur heterokista dapat dilihat pada Gambar 3.6.

3) Perkembangbiakan Sianobakteri

Perkembangbiakan Sianobakteri dapat melalui pembelahan sel, fragmentasi, dan pembentukan spora khusus yang disebut **akinet**. Pembelahan sel terjadi pada Sianobakteri bersel tunggal, sedangkan fragmentasi terjadi pada Sianobakteri yang berbentuk filamen. Pada peristiwa fragmentasi sebelumnya dibentuk suatu struktur khusus yang disebut hormogonium. Hormogonium adalah bagian dari filamen yang akan terpisah dan kemudian dapat membentuk individu baru.

Pada beberapa Sianobakteri bisa terbentuk spora khusus berdinding tebal yang disebut **akinet**. Dengan dindingnya yang tebal, **akinet** dapat bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, seperti keadaan gelap, kekeringan atau keadaan sangat dingin. Jika kondisi lingkungan membaik, dinding sel dari spora ini kemudian akan pecah dan isinya dapat berkecambah membentuk individu baru. Struktur hormogonium dan spora (**akinet**) dapat kamu lihat pada Gambar 3.7.



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 3.7 Struktur hormogonium dan akinet: a. Hormogonium sebelum dipisahkan dari filamen induknya oleh suatu sekat pemisah, b. Spora berdinding tebal (akinet)

b. Peran Alga Hijau-Biru

Seperti telah disinggung pada penjelasan sebelumnya, Sianobakteri dapat memfiksasi nitrogen. Enzim yang terdapat dalam tubuhnya mampu mengubah N_2 dari udara menjadi senyawa nitrat yang digunakan tumbuhan sebagai sumber nitrogen. Salah satu Sianobakteri, yaitu **Anabaena**, dapat bersimbiosis dengan tumbuhan **Azolla pinnata**. **Azolla pinnata** akan mendapat sumber nitrogen dari hasil fiksasi N_2 oleh **Anabaena**, sedangkan kehidupan **Anabaena** ditunjang makanan yang dihasilkan oleh **Azolla pinnata**. Dengan demikian, karena simbiosis **Anabaena** dengan **Azolla pinnata** ini, tumbuhan tersebut dapat digunakan sebagai pupuk dalam bidang pertanian.

Sianobakteri tertentu seperti **Spirulina**, saat ini banyak dikembangkan dalam produksi protein sel tunggal (PST) karena kandungan proteinnya yang tinggi. Protein sel tunggal ini merupakan protein yang diperoleh dari mikroorganisme dan sering disebut sebagai sumber protein masa depan. PST lebih menguntungkan secara ekonomi karena sel mikroorganisme dapat berkembang biak dalam waktu yang cepat dan dalam jumlah yang sangat banyak. Hal ini berbeda jika dibandingkan dengan sel-sel pada tumbuhan atau hewan yang selama ini dipakai sebagai sumber protein.

INFO BIOLOGI

PST, Protein Masa Depan

Salah satu pemanfaatan alga adalah sebagai Protein Sel Tunggal (PST). Saat ini, PST telah diproduksi secara besar-besaran di beberapa negara maju, seperti Inggris. Di sana protein yang berasal dari alga ini telah diproduksi secara bioteknologi menggunakan fermentor raksasa dengan kemampuan menghasilkan 20.000 ton PST per tahun. PST ini akan bertambah beratnya dua kali lipat setiap 5 jam jika diberikan substrat berupa sirup glukosa yang berasal dari tepung gandum atau tepung jagung. Substrat juga dapat diganti oleh kentang, singkong, atau beras. Salah satu nama dagang PST yang terkenal adalah Quorn myco-protein. Di Inggris produk dengan merek ini dapat dicampurkan ke dalam sup, minuman, biskuit, atau pada makanan berbahan dasar daging. Untuk meningkatkan daya tarik penyajiannya, pada Quorn myco-protein ini dapat ditambahkan bahan pewangi dan pewarna.

Sumber: *Biotechnology in School*

Rangkuman

1. Arkeobakteria dan Eubakteria adalah makhluk hidup prokariot, yaitu makhluk hidup yang inti selnya belum mempunyai selaput atau membran.
2. Kelompok organisme ini mempunyai sel paling kecil di antara semua organisme (diameter 1 μm dan panjang 0,1 sampai 100 μm).
3. Arkeobakteria dan Eubakteria berbeda dalam ciri-ciri biokimia dan fisiologi.
4. Sel bakteri dapat berbentuk kokus, basilus, spiral, atau koma.
5. Bakteri ada yang bersifat autotrof dan heterotrof, berkembang biak dengan membelah diri atau dengan perkembangbiakan parasexual.
6. Bakteri ada yang bersifat merugikan, tetapi lebih banyak yang bersifat menguntungkan.
7. Alga biru adalah organisme fotosintetik paling sederhana yang mempunyai pigmen klorofil, karotenoid, fikosianin dan fikoeretrin.
8. Sel alga biru berukuran antara 1 sampai 60 μm , perkembangbiakannya dapat melalui pembelahan sel, fragmentasi, dan pembentukan spora.
9. Peran alga biru, di antaranya sebagai penambat nitrogen dan sebagai sumber protein sel tunggal (PST).

Kata Kunci

antibiotik	paraseksual
arkeobakteria	patogen
autotrof	peptidoglikan
eubakteria	plastida
eukariot	prokariot
fermentasi	PST
flagela	sianobakteri
halofil	sterilisasi
heterotrof	transduksi
metanogen	transformasi
mitokondria	termofil

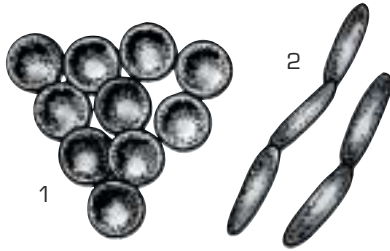
Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Karakteristik paling penting dari kelompok makhluk hidup prokariot adalah
 - A. mempunyai sel
 - B. selnya bermembran
 - C. belum punya selaput inti
 - D. dapat melakukan fotosintesis
 - E. berperan dalam siklus materi
2. Ciri yang membedakan antara Arkeobakteria dan Eubakteria, yaitu
 - A. struktural
 - B. biokimia
 - C. fisiologi
 - D. biokimia dan fisiologi
 - E. struktural dan biokimia
3. Kelompok metanogen dari Arkeobakteria hanya dapat melakukan proses pembentukan metana dalam kondisi
 - A. tanpa oksigen (anaerobik absolut)
 - B. harus ada oksigen (aerobik absolut)
 - C. anaerobik dan aerobik
 - D. harus ada sulfur (belerang)
 - E. harus ada klorofil
4. Kelompok Halofil ekstrem dari Arkeobakteria dapat tumbuh dengan baik pada
 - A. lingkungan dengan kadar gula rendah
 - B. lingkungan dengan kadar gula tinggi
 - C. lingkungan dengan kadar garam rendah
 - D. lingkungan dengan kadar oksigen tinggi
 - E. lingkungan dengan kadar garam tinggi
5. Salah satu ciri penting dari bakteri sehingga dikelompokkan dalam monera bersama dengan sianobakteri adalah

A. selnya prokariot	D. mempunyai pigmen
B. selnya eukariot	E. dapat berfotosintesis
C. bersifat heterotrof	

6.



Susunan sel bakteri seperti pada gambar dinamakan

- A. 1 streptobasilus, 2 streptokokus
 - B. 1 streptokokus, 2 streptobasilus
 - C. 1 stafilokokus, 2 streptobasilus
 - D. 1 stafilokokus, 2 streptokokus
 - E. 1 stafilokokus, 2 diplobasilus
7. Bakteri disebut dapat berkembang biak secara paraseksual karena
- A. dapat membelah diri
 - B. dapat berkonjugasi
 - C. dapat melakukan peleburan sel kelamin
 - D. dapat melakukan perkembangbiakan seksual
 - E. dapat melakukan pertukaran materi genetik
8. Bakteri dapat menyebabkan penyakit dengan berbagai cara, yaitu
- A. menyebabkan luka
 - B. menghancurkan sel inang
 - C. menghasilkan racun
 - D. A, B, C benar
 - E. Menginfeksi sel inang
9. Yang dimaksud dengan heterokista pada sianobakteri adalah
- A. sel khusus yang mengandung enzim nitrogenase
 - B. bagian filamen yang membentuk individu baru
 - C. spora yang berdinding tebal
 - D. sel-sel kelamin
 - E. sel-sel yang mengandung klorofil
10. Alga biru dikatakan sebagai organisme fotosintetik karena mempunyai pigmen
- A. klorofil, karotenoid, fikosianin, fikoeritrin
 - B. klorofil, fikoxantin, karotenoid, xantofil
 - C. klorofil, fikoxantin, fikoeritrin, fikosianin
 - D. klorofil, fikobilin, karotenoid, xantofil
 - E. klorofil, fikobilin, karotenoid, melanin

11. Bakteri yang paling banyak digunakan dalam rekayasa genetik adalah
 - A. *Escherichia coli*
 - B. *Bacillus subtilis*
 - C. *Clostridium tetani*
 - D. *Pseudomonas aeruginosa*
 - E. *Rhizobium*

12. Dinding sel sianobakteri tersusun dari zat
 - A. protein
 - B. lipoprotein
 - C. kitin
 - D. peptilidoglikan
 - E. karbohidrat

13. Berikut ini yang berfungsi sebagai struktur yang dapat memfiksasi nitrogen pada sianobakteri
 - A. heterokista
 - B. hormogonium
 - C. akinet
 - D. spora
 - E. filamen

14. Beberapa bakteri mempunyai lapisan pelindung yang disebut kapsul. Lapisan ini berfungsi sebagai
 - A. sebagai penyimpan cadangan makanan
 - B. untuk meningkatkan kemampuan menginfeksi inangnya
 - C. A dan B benar
 - D. sebagai tempat melekatkan diri pada sel inang
 - E. untuk menyeleksi zat-zat yang akan masuk ke dalam sel

15. Kondisi optimum yang dibutuhkan oleh termofil ekstrem adalah suhu
 - A. 10°C – 20°C
 - B. 30°C – 50°C
 - C. 60°C – 80°C
 - D. 90°C – 100°C
 - E. lebih dari 100°C

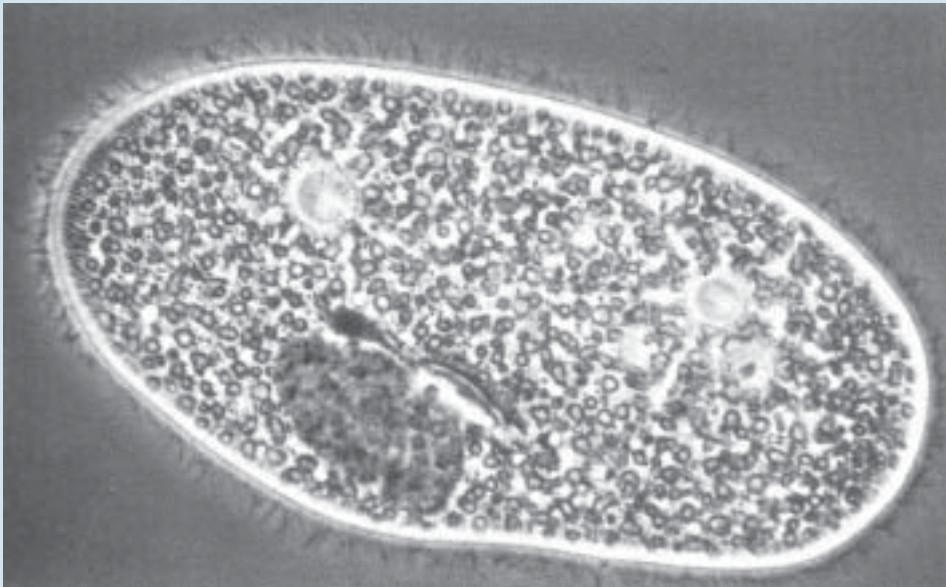
B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Banyak bakteri yang bersifat merugikan, tetapi ada juga yang bersifat menguntungkan. Jelaskan dan beri contoh peran bakteri yang merugikan dan peran bakteri yang menguntungkan.

2. Makhluk hidup bersel paling sederhana disebut kelompok prokariot dan dibagi menjadi Arkeobakteria dan Eubakteria. Jelaskan perbedaan mendasar dari keduanya dan mengapa disebut demikian.
3. Kelompok Arkeobakteria dibagi menjadi metanogen, halofil ekstrem dan termofil ekstrem. Jelaskan dengan singkat perbedaan ketiganya berdasarkan ciri-ciri umumnya.
4. Sianobakteria mempunyai beberapa macam pigmen. Sebutkan pigmen apa saja yang dimilikinya, dan pigmen mana yang paling banyak didapati sehingga diberi nama sianobakteria.
5. Sianobakteri kebanyakan mempunyai peran menguntungkan. Jelaskan beberapa contoh peran menguntungkan sianobakteri.

Bab IV

Protista



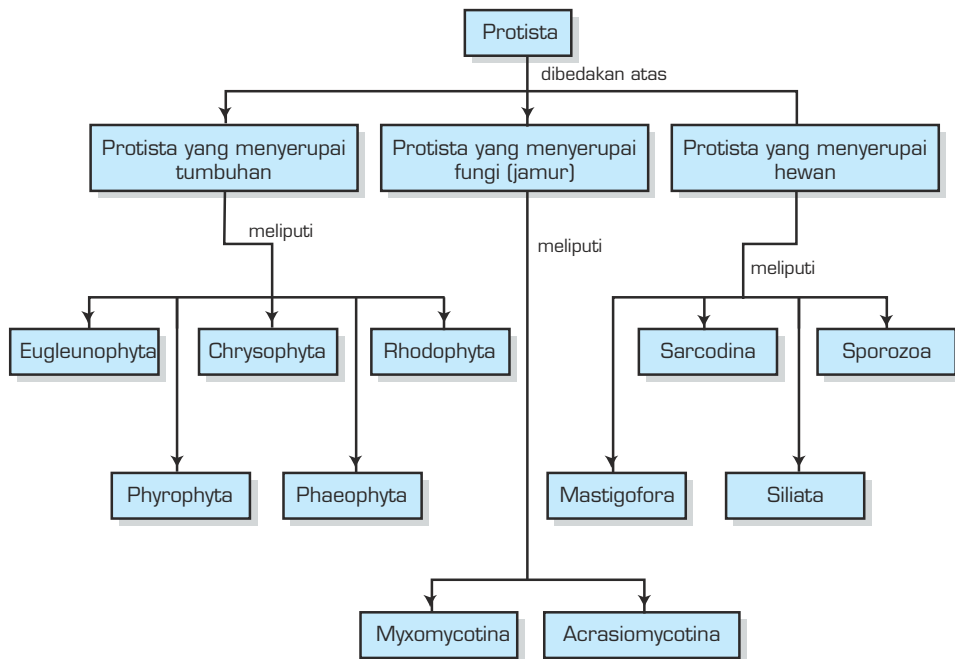
Sumber: *Biology for You*

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. memahami ciri-ciri Protista berdasarkan pengamatan;
2. menjelaskan ciri-ciri umum filum dalam Protista;
3. menjelaskan peranan Protista bagi kehidupan.

PETA KONSEP



Kamu pasti pernah mendengar penyakit malaria, yang merupakan salah satu penyakit pembunuh terbesar bagi manusia sepanjang zaman. Tahukah kamu apa penyebab penyakit tersebut? Nyamuk malaria? Tentu bukan. Nyamuk malaria hanyalah pembawa dan penyebar penyakit tersebut. Jadi, apakah penyebabnya? Penyebabnya adalah Plasmodium, salah satu makhluk hidup dari kelompok protista yang akan kita pelajari berikut ini.

Pada bab sebelumnya, kita telah belajar tentang makhluk hidup sangat sederhana yang tubuhnya dibangun oleh sel prokariot, yaitu Arkeobakteria dan Eubakteria. Pada bab ini kita akan melanjutkan kajian kita pada makhluk hidup yang lebih kompleks dan selnya sudah dibangun oleh sel eukariot atau sel yang sudah bermembran inti, yaitu Protista. Kingdom Protista adalah makhluk hidup eukariot paling sederhana, tetapi jauh lebih kompleks dalam hal struktur, fungsi, tingkah laku, dan ekologi dibandingkan dengan Arkeobakteria dan Eubakteria.

Kingdom Protista sering dikatakan makhluk hidup yang mempunyai bentuk campuran (**mixed metamorf**), kadang-kadang dapat berbentuk seperti tumbuhan karena dapat berfotosintesis, tetapi ada juga yang dapat bergerak seperti hewan. Hal tersebut sering membingungkan para ahli dalam mengelompokkannya, apakah termasuk hewan atau tumbuhan. Pada akhirnya untuk mempermudah cara pengelompokkannya, para ahli sepakat mengelompokkan menjadi tiga kelompok besar berdasarkan cara memperoleh makanan dan cara hidupnya. Kelompok pertama sering disebut sebagai Protista yang menyerupai tumbuhan. Disebut demikian karena makhluk hidup ini bersifat autotrof (dapat menghasilkan makanan sendiri) sehingga dapat berfungsi sebagai produsen. Kelompok tersebut memperoleh makanan melalui proses fotosintesis karena mereka memiliki kloroplas.

Kelompok berikutnya adalah protista yang menyerupai fungi atau jamur. Kelompok ini disebut demikian karena bersifat heterotrof atau tidak dapat membuat makanannya sendiri. Protista tersebut bersifat sebagai konsumen dan dekomposer (pengurai), yaitu memperoleh makanan dari bahan organik yang telah jadi.

Kelompok terakhir adalah protista yang menyerupai hewan dan bersifat sebagai konsumen. Protista ini mendapatkan makanannya dengan cara memakan bakteri, protista lain, atau memakan sel-sel sisa organisme multiseluler (bersel banyak). Konsep-konsep penting tentang protista yang akan dijelaskan dalam bab ini terangkum pada bagan konsep di halaman sebelumnya.

A. Protista yang Menyerupai Tumbuhan

Protista yang menyerupai tumbuhan adalah protista autotrof yang banyak ditemukan pada permukaan air tawar ataupun air laut di seluruh dunia. Protista semacam ini berfungsi sebagai produsen. Kelompok ini terdiri atas organisme eukariotik bersel satu maupun bersel banyak, yang sel-selnya memiliki ciri-ciri yang sama. Karena kemampuannya melakukan fotosintesis, kebanyakan protista dari kelompok ini merupakan **fitoplankton** dan merupakan penyedia biomasa serta oksigen dalam jumlah sangat besar. Dengan demikian, Protista berperan sebagai awal rantai makanan di perairan.

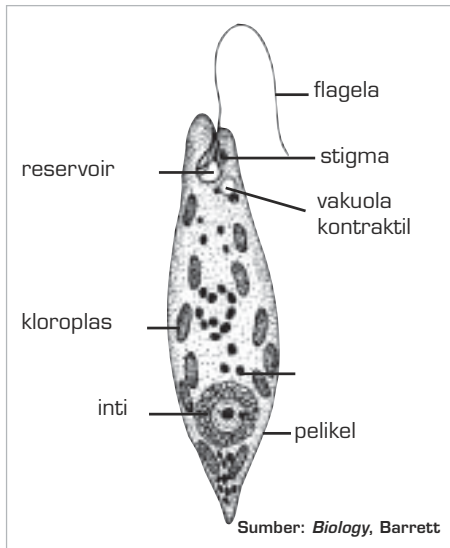
Selain peran di atas, protista yang menyerupai tumbuhan telah dimanfaatkan manusia dalam banyak hal. Alga merah atau alga cokelat, digunakan sebagai pupuk. Diatom yang dapat menghasilkan tanah diatom dapat digunakan sebagai bahan penggosok, bahan penginsulasi panas dan beberapa macam filter. Di Jepang, Alga merah *Porphyra* dimanfaatkan sebagai tanaman pangan karena menghasilkan dua produk polisakarida yang penting, yaitu **karogen** dan **agar**. Keduanya dapat digunakan sebagai bahan pengemulsi dan pengental.

Protista yang menyerupai tumbuhan ini dikelompokkan menjadi beberapa divisi, yaitu **Euglenophyta** atau **Euglenoid**, **Pyrrophyta** atau **Dinoflagellata**, **Chrysophyta**, **Phaeophyta**, **Rhodophyta**, dan **Chlorophyta**.

1. Euglenophyta

Kebanyakan dari **Euglenoid** bersifat **autotrof** karena dapat berfotosintesis, sebagian kecil ada juga yang bersifat **heterotrof**. Ciri paling menonjol dari protista ini adalah tubuhnya **uniselluler** (bersel tunggal), berwarna hijau terang dan sangat indah. Bentuk sel **euglenoid** adalah oval dengan bagian posterior yang makin ramping. Meskipun **Euglenoid** dikelompokkan dalam kelompok **Protista** yang menyerupai tumbuhan, makhluk hidup ini tidak ber dinding sel seperti halnya tumbuhan. Dengan tidak adanya dinding sel, menyebabkan mereka lebih bebas bergerak sehingga sering disangka sebagai sel hewan. **Euglena** adalah contoh yang paling terkenal dari euglenoid. Bentuknya dapat kamu lihat pada Gambar 4.1.

Euglenoid melakukan pertukaran air dengan lingkungan secara osmosis menggunakan vakuola kontraktil. **Euglenoid** juga mempunyai bintik mata (**stigma**) yang dapat digunakan untuk mengatur pergerakan sel ke arah cahaya. Ketika cahaya mengenai stigma, suatu rangkaian proses akan terjadi, yang akan merangsang flagela menggerakkan sel terus-menerus menuju arah cahaya tersebut. Hal ini akan mengoptimalkan penyerapan cahaya sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung. Hasil fotosintesis dari **Euglenoid** berupa



Gambar 4.1
Salah satu contoh Euglenophyta: Euglena.

karbohidrat disimpan berupa substansi yang disebut **paramilum**. **Kloroplas Euglenoid** seperti halnya pada tumbuhan, mengandung klorofil a dan b serta beberapa macam **karotenoid**.

Permukaan air yang di dalamnya banyak terdapat **Euglena viridis**, akan tampak berwarna kehijauan, sedangkan yang banyak terdapat **Euglena sanguinea** tampak berwarna kemerahan. Organisme ini sering dipakai sebagai indikator adanya polusi perairan.

Para ahli Biologi telah meneliti bahwa perkembangbiakan **Euglenoid** terjadi secara mitosis, tetapi mereka tidak menemukan perkembang-

biakan secara seksual. **Euglenoid** sering kali membelah secara cepat, sehingga pembelahan **kloroplas** belum sempat terjadi. Hal ini menyebabkan ada satu individu baru yang hasil pembelahannya tidak memiliki kloroplas dan kehilangan warnanya. Individu baru ini selanjutnya tumbuh menjadi makhluk hidup yang bersifat heterotrof. Sifat euglenoid yang kadang seperti tumbuhan dan kadang seperti hewan ini, menyebabkan pengelompokan **Euglenoid** masih sering menjadi bahan perdebatan.

KEGIATAN 4.1

Mengamati Sel *Euglena*

Buatlah kelompok-kelompok dalam kelasmu lalu lakukan tugas berikut ini. Sel *Euglena* dapat kita lihat dengan cara sederhana seperti berikut ini. Teteskan satu atau dua tetes air yang berasal dari perairan yang kaya akan bahan organik, misalnya kolam atau sawah. Amati objek tersebut dengan mikroskop perbesaran 400x, kemudian jawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.

1. Dapatkah kamu menemukan sel **Euglena** seperti yang telah digambarkan dalam buku ini?
2. Dapatkah kamu lihat bagian-bagian tubuh **Euglena** tersebut, seperti **flagela**, **stigma**, **kloroplas**, dan **vakuola kontraktil**?
3. Perhatikan pula bagaimana pergerakan sel **Euglena** tersebut, selanjutnya gambar sel yang kamu amati tersebut.

2. Pyrrophyta



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 4.2.

Salah satu contoh Pyrrophyta:
Protogonyaulax catenella

Pyrrophyta juga sering disebut tumbuhan api (**fire plant**) karena dapat menyebabkan pasang merah di laut. Timbulnya warna merah karena protista ini banyak mengandung **karotenoid**, sehingga penampakkannya lebih sering berwarna emas, cokelat atau merah daripada berwarna hijau. Pyrrophyta atau **dinoflagellata** ini kebanyakan mempunyai **vakuola kontraktil**, **kloroplas**, dan mempunyai **klorofil a dan b**.

Dinoflagellata autotrof merupakan tipe fitoplankton yang umum dijumpai. Mereka merupakan penghasil biomassa dan oksigen yang luar biasa. Beberapa **Dinoflagellata** yang bersifat **fotosintetik**, hidup bersimbiosis pada tubuh beberapa jenis karang, anemon laut, cacing pipih, dan kerang raksasa. Beberapa **Dinoflagellata** juga bersifat **heterotrof**. Mereka hidup dengan cara menelan materi organik dan sel-sel hidup lain. Selain itu, sebagian kecil **Dinoflagellata** dapat bersifat sebagai parasit pada tubuh berbagai hewan laut, contohnya **Protogonyaulax catenella** (Gambar 4.2).

Seperti halnya Euglenophyta, Pyrrophyta juga melakukan reproduksi hanya secara aseksual, yaitu dengan membelah diri, tetapi beberapa jenis dapat menghasilkan **kista** (stadium istirahat) yang bersifat seksual. Kista tersebut kemudian akan berkecambah menghasilkan individu baru pada kondisi yang cocok.

Dinoflagellata sering menyebabkan suatu fenomena menarik di laut, yaitu dapat menghasilkan warna laut yang tiba-tiba memerah. Fenomena ini sering disebut **pasang merah** atau "**red tides**". Kondisi seperti ini mengandung suatu racun yang dihasilkan **Dinoflagellata** tertentu dan dapat meracuni ikan, kerang, dan kadang-kadang manusia. Pasang merah beracun biasanya dapat terjadi setelah kepadatan populasi **Dinoflagellata** tertentu meningkat tajam (**bloom-ing**). Jenis **Dinoflagellata** yang dapat menghasilkan pasang merah beracun, di antaranya **Gymnodinium** dan **Protogonyaulax**. Toksin atau racun yang dihasilkan spesies-spesies tersebut biasanya bersifat racun saraf atau neurotoksin, atau dapat menyebabkan pecahnya sel darah merah. Racun tersebut dapat membunuh ikan, remis, dan kerang-kerangan.

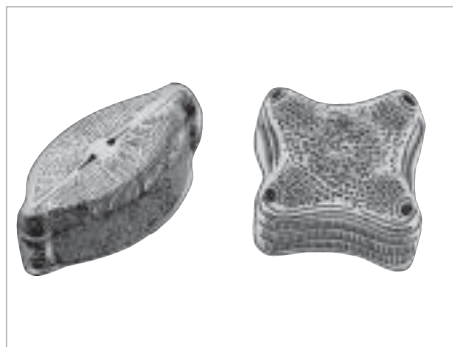
Pada keadaan lain, racun ini dapat terkumpul pada tubuh hewan laut tertentu tanpa menyebabkan kematian hewan tersebut. Namun, jika hewan laut tadi termakan oleh manusia, dapat terjadi keracunan pada manusia yang

memakannya. Oleh karena itu, dan konsumsi kerang-kerangan sering dihindari pada saat musim panas, yaitu musim ketika populasi **Dinoflagellata** jumlahnya meningkat tajam.

3. Chrysochyta

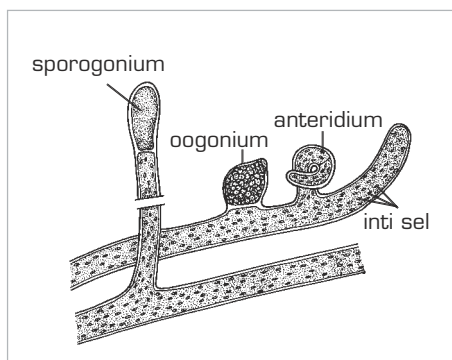
Chrysochyta yang terdiri atas alga cokelat keemasan dan diatom, merupakan organisme **fitoplankton** yang paling banyak jumlah dan macamnya. Diatom mempunyai dinding sel seperti gelas dengan bentuk-bentuk geometri yang sangat bervariasi. **Chrysochyta** lain berwarna keemasan. Terdapat antara 6.000 sampai 10.000 spesies dalam divisi ini, dan dapat ditemui baik pada air tawar maupun air laut, uniseluler, atau terdapat dalam koloni. Kebanyakan dari spesies **Chrysochyta** bereproduksi secara aseksual.

Beberapa alga cokelat tidak mempunyai dinding sel sehingga dapat bergerak seperti ameba atau sel hewan. Jenis lainnya mempunyai dinding sel terbuat dari pektin yang dapat digunakan sebagai perekat untuk menempel pada sel tumbuhan. Alga yang tersebut biasanya mempunyai dua **flagel** untuk pergerakannya.



Sumber: *The Study of Biology*, Baker

Gambar 4.3 Diatom



Sumber: *Biology*, Barrett

Diatom yang bersifat fotosintetik di laut merupakan penyumbang oksigen terbanyak di atmosfer. Selain itu, diatom yang mempunyai dinding sel terbuat dari silika, setelah mati, sisa-sisa dinding selnya dapat membentuk tanah diatom. Tanah diatom adalah kumpulan sisa-sisa dinding sel diatom yang tertimbun selama ribuan tahun. Tanah diatom ini dapat dimanfaatkan sebagai serbuk **absorben** (penyerap), penyaring untuk kolam renang, pasta gigi, detergen, dan produk-produk lain yang bermanfaat. Contoh sel diatom dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Vaucheria hidup di air tawar, air laut, atau daratan yang sangat lembap. Talus bercabang-cabang, tidak bersekat dengan inti banyak yang menyebar di dalam protoplasmanya. **Vaucheria** tumbuh melekat

Gambar 4.4 *Vaucheria*

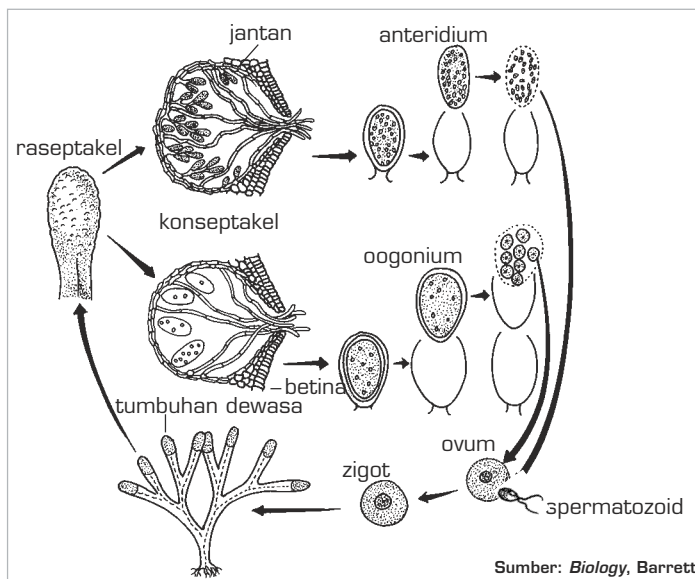
pada substrat dengan menggunakan rizoid. *Vaucheria* berkembang biak secara aseksual dan seksual. Untuk memahami cara perkembangbiakannya, pelajari Gambar 4.4.

Perkembangbiakan secara aseksual dilakukan dengan pembentukan zoospora di ujung filamen. Zoospora berinti banyak dan memiliki flagel yang tumbuh di seluruh permukaannya. Jika zoospora dilepas, akan tumbuh menjadi alga baru. Perkembangbiakan seksual terjadi melalui perkawinan ovum dan spermatozoid. Ovum dibentuk dalam oogonium, sedangkan spermatozoid dibentuk dalam anteridium. Keduanya terdapat dalam benang yang sama (homotalus). Hasil perkawinan berupa zigospora yang kemudian terlepas dari induknya dan tumbuh menjadi alga baru.

4. Alga Cokelat (Phaeophyta)

Semua alga cokelat berbentuk benang atau lembaran, bahkan ada yang menyerupai tumbuhan tinggi. Umumnya, alga cokelat bersifat makroskopis, dapat mencapai ukuran lebih dari 30 meter, dan mempunyai gelembung-gelembung udara yang berfungsi sebagai pelampung. Pigmen yang dikandungnya adalah klorofil, karoten, dan xantofil. Pigmen xantofil lebih dominan sehingga menyebabkan alga ini berwarna cokelat. Hampir semua alga ini terdapat di laut, terutama di laut yang dingin dan jarang ditemukan di air tawar. Alga ini berkembang biak secara aseksual dan seksual.

Perkembangbiakan aseksual alga cokelat dilakukan dengan **fragmentasi** dan **pembentukan spora** (aplanospora dan zoospora). Zoospora yang dihasilkan memiliki flagel yang tidak sama panjang terletak di bagian lateral. Lihat Gambar 4.5.

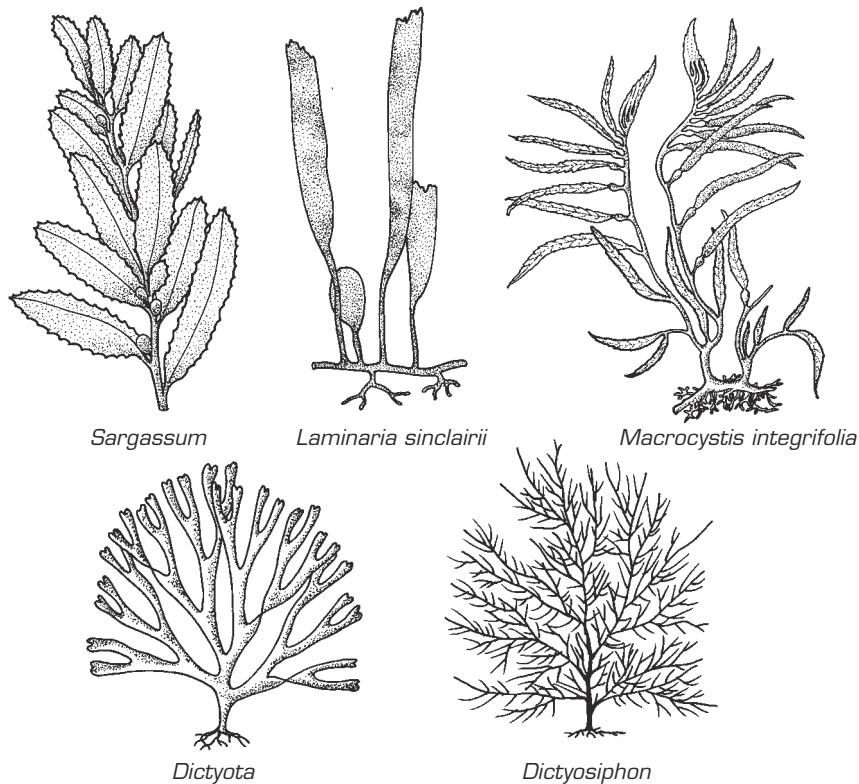


Gambar 4.5
Daur hidup Fucus

Sumber: *Biology*, Barrett

Perkembangbiakan seksual dilakukan dengan isogami, anisogami, atau oogami. *Fucus vesiculosus* adalah salah satu contoh alga cokelat yang berkembang biak secara oogami.

Pada ujung-ujung lembaran yang fertil terdapat **reseptakel**, yaitu badan yang mengandung alat perkembangbiakan. Di dalam reseptakel terdapat **konseptakel** yang menghasilkan ovum dan spermatozoid pada tumbuhan yang berbeda. Coba kamu jelaskan daur hidup *Fucus* mulai dari pembentukan gamet sampai dihasilkan tumbuhan dewasa! Gambar 4.6 memperlihatkan beberapa contoh alga cokelat.



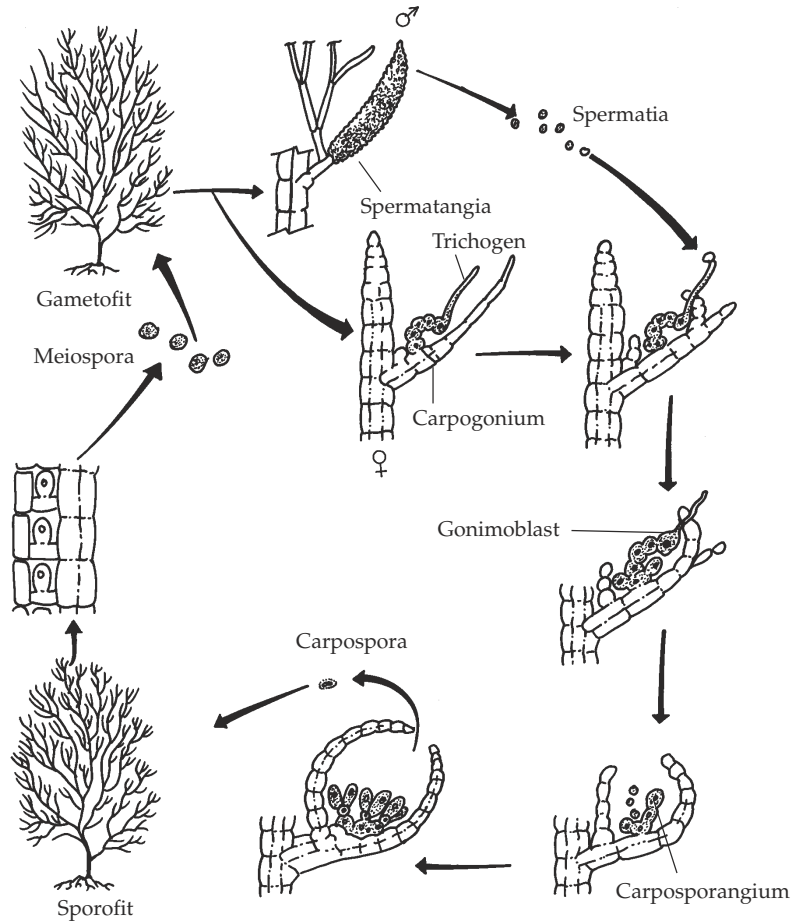
Gambar 4.6 Berbagai alga cokelat

Sumber: *The Study of Biology*, Baker

5. Alga Merah (Rhodophyta)

Sebagian besar alga merah hidup di laut dan banyak terdapat di laut tropika. Sebagian kecil hidup di air tawar yang dingin dengan aliran deras dan banyak oksigen. Pada umumnya, alga jenis ini multiseluler dan makroskopis, dapat mencapai panjang sampai 1 meter. Pigmen yang dimiliki terdiri atas klorofil, karoten, xantofil, dan fikoeritrin. Akan tetapi, fikoeritrin terdapat dalam jumlah banyak sehingga alga ini berwarna merah. Alga merah dapat tumbuh di kedalaman 200 meter, lebih dalam daripada alga yang lain.

Perkembangbiakan aseksual dengan membentuk **aplanospora**, sedangkan dengan fragmentasi jarang terjadi. Perkembangbiakan seksual terjadi secara **oogami**, dan mengalami pergiliran keturunan (metagenesis). Berikut ini bagan pergiliran keturunan pada **Polysiphonia** yaitu salah satu contoh dari Rhodophyta.



Sumber: *The Study of Biology*, Baker

Gambar 4.7 Daur hidup Polysiphonia

Berdasarkan gambar di atas, coba kamu tuliskan urutan perkembangbiakan aseksual (vegetatif) mulai dari sporofit. Kemudian, tuliskan pula urutan perkembangbiakan seksual (generatif) sampai dengan sporofit!

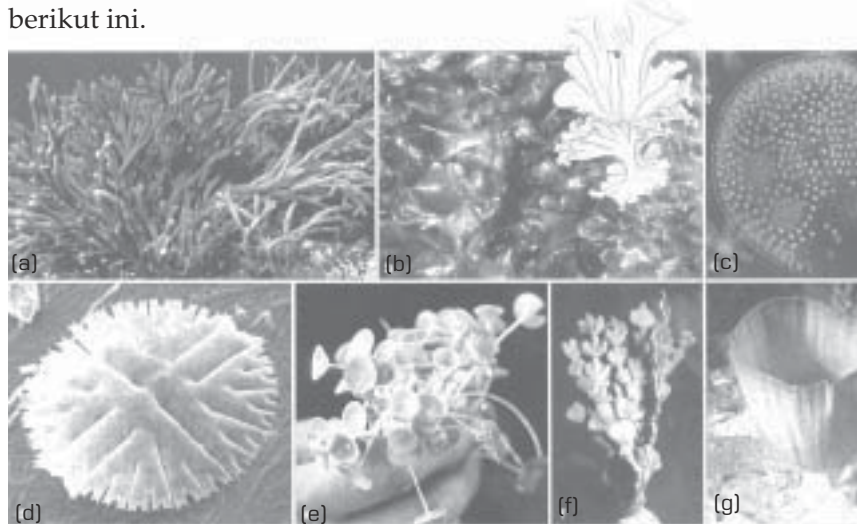
Sporofit menghasilkan **meiospora** yang akan berkembang menjadi gametofit. Gametofit membentuk **spermatangia** yang menghasilkan **spermatia** dan **carpogonium** yang mengandung **sel trichogen**. Spermatia menempel pada ujung trichogen, terus masuk ke dasar sel. Di sini terjadi peleburan antara inti sperma dan inti sel betina membentuk zigot (**goninoblast**). Goninoblast

adalah filamen yang terbentuk dari zigot dan di ujung filamen terbentuk **carposporangium**. Selanjutnya, di dalam carposporangium terbentuk carpospora. **Carpospora** keluar dari carposporangium, untuk selanjutnya tumbuh menjadi sporofit (**Polysiphonia** baru).

Dalam pertumbuhannya, **Polysiphonia** mengalami pergiliran keturunan (metagenesis), yaitu perkembangbiakan aseksual dan perkembangbiakan seksual berlangsung secara bergantian. Alga merah banyak sekali jenisnya, di antaranya, **Euchema spinosum**, **Gelidium coulteri**, **Porphyra perforata**, **Halosaccion glandiforme**, dan **Bossea orbigniana**.

6. Alga Hijau (Chlorophyta)

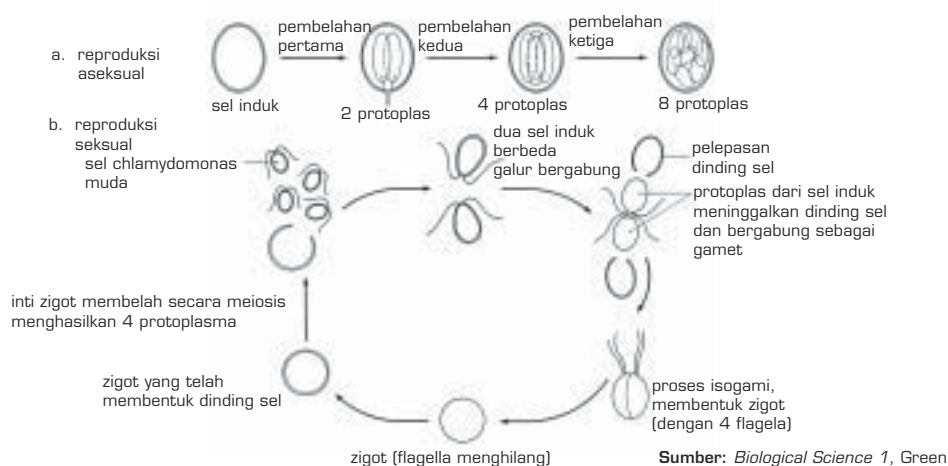
Alga hijau meskipun disebut alga, sebenarnya secara struktur dan biokimia lebih mendekati tumbuhan. Saat ini bahkan banyak botanis yang memasukkannya dalam kelompok tumbuhan. Seperti halnya tumbuhan, alga hijau menyimpan karbohidrat dalam bentuk butir-butir pati dalam kloroplas. Dinding sel dari beberapa spesies chlorophyta dibangun oleh selulosa, pektin, dan polisakarida lain, seperti dinding sel tumbuhan. Alga hijau dapat ditemukan di berbagai habitat seperti permukaan laut, danau, karang, pada organisme lain, salju bahkan pada tanah gambut. Beberapa dari mereka juga dapat bersimbiosis dengan fungi, protozoa dan beberapa hewan laut. Saat ini sudah ditemukan ± 7.000 spesies alga hijau. Alga hijau-alga hijau ini termasuk yang uniseluler, filamentus (bentuk benang), dan bentuk-bentuk koloni. Beberapa contoh spesies alga hijau dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini.



Sumber: *Biology The Unity and Diversity*, Starr Taggart

Gambar 4.8 Beberapa contoh spesies alga hijau
 (a) *Codium fragilis*, (b) *ulva*, (c) *volvox*, (d) *micrasterias*, (e) *acetabolaria*, (f) *Halimeda incrassata*, (g) *udotea cyathiformis*

Anggota-anggota alga hijau mempunyai cara reproduksi yang berbeda-beda. Contoh klasik reproduksi pada alga ini adalah *Chlamydomonas*. *Chlorophyta* ini bereproduksi secara aseksual ataupun seksual seperti dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Reproduksi pada *Chlamydomonas*

Banyak species alga hijau berperan sebagai produsen penting di perairan (fitoplankton). Beberapa *Chlorophyta* multiseluler dengan tubuh cukup besar dan kompleks memenuhi kualifikasi sebagai rumput laut bersama alga cokelat dan alga besar.

Tugas 4.1

Kamu tahu bahwa keanekaragaman rumput laut di Indonesia sangat banyak. Rumput laut mempunyai prospek sebagai sumber mata pencaharian. Coba kamu kumpulkan berbagai informasi tentang bagaimana cara budi daya berbagai rumput laut tersebut. Siswa yang tinggal di daerah pantai jika memungkinkan cobalah mempraktikkan cara-cara budi daya tersebut.

B. Protista yang Menyerupai Fungi

Beberapa tipe Protista, hidup pada tanah lembap sebagai heterotrof yang menyerupai fungi. Mereka mendapatkan makanan dan energi dengan cara menguraikan materi organik berasal dari ranting dan daun yang jatuh, partikel-partikel makanan dan materi organik lain. Kelompok Protista yang menyerupai fungi, terdiri atas *Myxomycotina*, yaitu jamur lendir sejati dan *Acrasiomycotina* atau jamur lendir seluler.

1. Myxomycotina

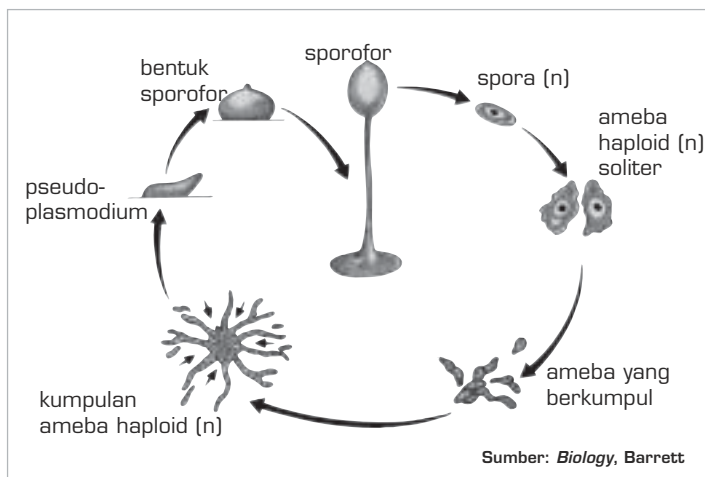
Myxomycotina disebut juga kapang lendir sejati. Ciri pembeda dalam kelompok ini adalah fase somatiknya yang disebut **plasmodium**, yaitu massa protoplasma yang memanjang dan mengandung banyak inti. Ukuran dan warna **Myxomycotina** sangat beragam dan berubah-ubah bentuknya sewaktu merayap di permukaan substrat tempat hidupnya. Makhluk hidup ini memakan bakteri, spora-spora jamur serta bahan organik kecil dalam bentuk partikel-partikel yang terdapat di tanah, daun-daun mati atau kayu yang ditumbuhinya.

Dalam kondisi yang menguntungkan, **plasmodium** dapat bergerak seperti **ameba**, mengambil makanan, dan ukurannya dapat bertambah. Apabila keadaan menjadi kurang menguntungkan untuk pertumbuhan, makhluk hidup ini dapat menjadi tidak aktif. Dalam keadaan demikian, jasad renik ini berubah sifatnya menjadi tingkat dorman yang dinamakan sklerotum yang tebal dan keras. Ketika keadaan lingkungan kembali menguntungkan untuk tumbuh, maka struktur tersebut kembali menjadi plasmodium.

Kondisi lingkungan diduga juga berpengaruh terhadap awal pembentukan spora. Proses tersebut terjadi melalui pembentukan tubuh buah yang melepaskan spora-spora berflagela, flagela-flagela tersebut dapat menghilang dan kemudian spora berkembang menjadi individu-individu baru yang berplasmodium.

2. Acrasiomycotina

Acrasiomycota disebut juga kapang lendir seluler. Makhluk hidup ini hidup bebas dan dapat bersifat ameboid. **Plasmodiumnya** tidak berinti banyak seperti pada **Myxomycotina**. Daur hidupnya cukup menarik seperti terlihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10
Daur hidup
Acrasiomycotina

Organisme ini kebanyakan hidup dalam tanah untuk memperoleh makanan. Makanannya berupa partikel-partikel yang merupakan sisa-sisa sampah hutan atau bakteri. **Acrasiomycotina** dapat berkembang biak dengan cara pembelahan sel secara mitosis sehingga dihasilkan sel-sel berbentuk ameba dalam jumlah banyak. Jika makanan di lingkungan sedikit, sel-sel berbentuk ameba ini kemudian menggabungkan diri membentuk apa yang disebut **clump** atau gumpalan. Jadi, dapat dikatakan bahwa kapang lendir seluler adalah bentuk aseksual dan dapat membentuk suatu massa yang lebih besar dengan cara membentuk kelompok atau gumpalan. Dari uraian di atas, coba jelaskan mengapa Protista yang menyerupai fungi merupakan makhluk hidup yang heterotrof.

C. Protista yang Menyerupai Hewan

Protista ini sering disebut juga protozoa yang berarti hewan pertama. Kelompok tersebut merupakan makhluk hidup bersel tunggal, mempunyai variasi bentuk yang kompleks dan kebanyakan dapat bergerak dengan cara yang berbeda. Seperti halnya hewan, protozoa adalah konsumen, jadi hanya dapat hidup dengan mengambil makanan dari makhluk hidup lain.

Protozoa berperan sebagai mata rantai penting dalam rantai makanan terutama di lingkungan perairan. Dalam hal ini **Protozoa** berperan sebagai **zooplankton** (plankton hewan) yang menjadi makanan bagi organisme-organisme perairan yang lebih besar. Peran penting lainnya, yaitu mereka dapat menjaga keseimbangan ekologis pada banyak komunitas baik dalam lingkungan daratan basah maupun di lingkungan perairan. **Protozoa** semacam ini adalah **Protozoa saprofitik** dan **Protozoa** pemakan bakteri.

Ada beberapa Protozoa yang menyebabkan penyakit pada hewan dan manusia. Beberapa protozoa hanya dapat hidup sebagai parasit dan dapat menimbulkan penyakit kronis dan akut pada manusia. Beberapa penyakit yang disebabkan protozoa pada manusia, di antaranya adalah **amebiasis** usus, penyakit tidur Afrika dan malaria. Protozoa berkembang biak melalui berbagai proses aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual berlangsung dengan pembelahan sel atau pembagian sel. Reproduksi seksual terjadi melalui proses konjugasi, yang merupakan penyatuan fisik sementara antara dua individu yang diikuti dengan penyatuan inti. Hal ini hanya terjadi pada **Siliata**.

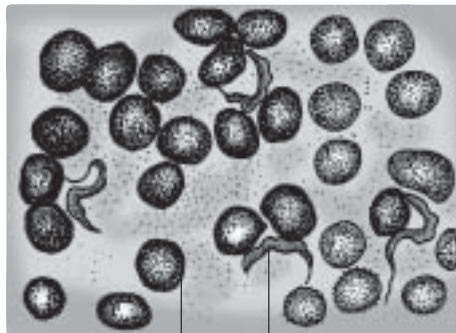
Pengelompokan **Protozoa** didasarkan pada bentuk gerak alihnya (**lokomosi**) khususnya alat gerak yang digunakan untuk berpindah tempat. Kelompok **Mastigophora** atau disebut juga **Flagelata** bergerak dengan menggunakan **flagel**,

Sarcodina bergerak dengan cara seperti *Ameba*, *Cilliofora* dengan menggunakan silia dan *Sporozoa* bergerak tanpa menggunakan alat gerak khusus, tetapi secara meluncur.

1. Mastigophora atau Flagellata

Protozoa ini bergerak dengan menggunakan flagel. *Flagellata* dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bentuk yang menyerupai tumbuhan disebut *Fitoflagellata* dan bentuk yang menyerupai hewan, yaitu *zooflagellata*. *Fitoflagellata* mengandung klorofil dan bersifat fotosintetik, sedangkan *Zooflagellata* adalah heterotrof. Sesuai dengan namanya, kelompok protozoa ini bergerak dengan menggunakan flagela. Perkembangbiakan *Mastigophora* adalah dengan cara membelah diri secara membujur. Selain itu, ada beberapa yang mempunyai tingkatan reproduksi seksual.

Sejumlah *Flagellata* dapat menyebabkan penyakit pada manusia. *Giardia lamblia* adalah salah satu *Protozoa* yang terdapat pada usus yang dapat menyebabkan disentri atau diare. *Trichomonas vaginalis* adalah *Protozoa* yang dapat menimbulkan radang pada vagina. Genus lain yang terkenal adalah *Trypanosoma* dan *Leishmania*. *Trypanosoma* menyebabkan penyakit tidur Afrika, sedangkan *Leishmania* menyebabkan Leishmaniasis, yaitu luka pada kulit atau organ-organ dalam. Bentuk salah satu *Flagellata*, yaitu *Trypanosoma* dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Sumber: *Biology*, Barrett
sel darah merah
Trypanosoma

Gambar 4.10. *Trypanosoma* yang terlihat di antara sel-sel darah merah

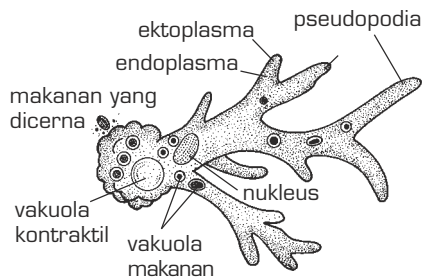
2. Sarcodina atau Ameba

Kata Ameba berasal dari kata Yunani *amoibe* yang berarti “berubah”, karena bentuknya senantiasa berubah-ubah. Ameba menggunakan pseudopodia atau kaki palsu yang sebenarnya merupakan perluasan dari protoplasma. Dengan menggunakan *pseudopodia*, ameba dapat bergerak di suatu permukaan

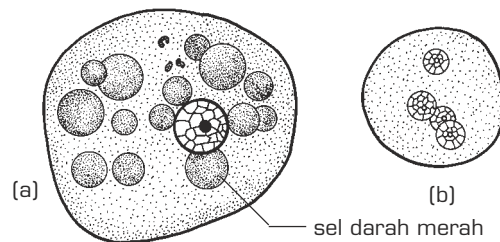
dan dapat menelan partikel-partikel makanan yang terkurung, yang kemudian dicerna. Ameba berkembang biak dengan pembelahan biner. Beberapa Ameba mampu membentuk kista. Gambar 4.11, memperlihatkan morfologi khas Ameba dan perkembangbiakannya secara pembelahan biner.

Sejumlah Ameba khususnya dari genus **Entameba** dapat menyebabkan infeksi pada saluran pencernaan hewan vertebrata termasuk manusia. **Entameba gingivalis** merupakan Ameba yang hidup pada mulut manusia. **Entameba histolitica** merupakan penyebab disentri ameba atau amebiasis pada manusia (Gambar 4.12). Penyebarannya terjadi karena penelanan kista yang matang.

Pada manusia, infeksi **Ameba** hanya terbatas pada usus. Namun, kadang-kadang darah dapat mengalirkan Ameba ke organ-organ lain dalam tubuh, sehingga dapat mengakibatkan pembengkakan pada hati, paru-paru, limpa, selaput jantung (**pericardium**) dan otak.



Gambar 4.11 *Amoeba proteus* dan bagian-bagian tubuhnya



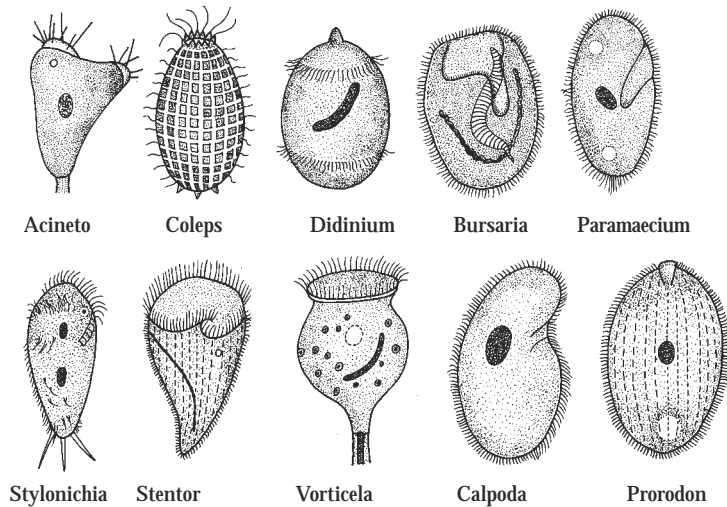
Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 4.12 *Entameba histolitica*

3. Siliata

Siliata dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu yang mempunyai silia hanya pada sebagian selnya dan yang siliannya tersebar rata di seluruh sel. Contoh yang paling terkenal dari kelompok ini adalah **Paramecium** seperti terlihat pada Gambar 4.13. Silia seperti halnya flagela, berfungsi sebagai alat gerak. Di samping itu silia juga digunakan untuk menimbulkan efek pusaran air yang membantu mengumpulkan makanan.

Kebanyakan dari **Siliata** bereproduksi aseksual dengan pembelahan biner melintang. Reproduksi seksual berlangsung dengan cara konjugasi dua sel. Kebanyakan siliata hidup bebas. **Balantidium coli**, suatu parasit, merupakan satu-satunya spesies Siliata yang menyebabkan penyakit, yaitu diare berdarah pada manusia.



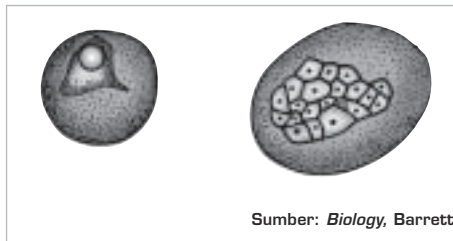
Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 4.13 Macam-macam Siliata

Siliata mempunyai dua macam inti atau nukleus pada tiap selnya. Pada tiap sel terdapat paling sedikit satu makronukleus dan satu atau lebih mikronukleus. Fungsi makronukleus adalah mengawasi kegiatan metabolisme dan proses pertumbuhan serta proses regenerasi, sedangkan mikronukleus mengendalikan kegiatan reproduksi.

4. Sporozoa

Semua anggota kelompok ini hidup sebagai parasit pada satu atau lebih spesies hewan. Bentuk-bentuk dewasanya tidak mempunyai organ untuk bergerak, tetapi mungkin pada stadium tertentu dapat bergerak dengan meluncur. Semua hewan ini membentuk spora pada suatu saat dalam daur hidupnya. Daur hidup hewan ini menunjukkan pergiliran generasi antara bentuk seksual dan aseksual.

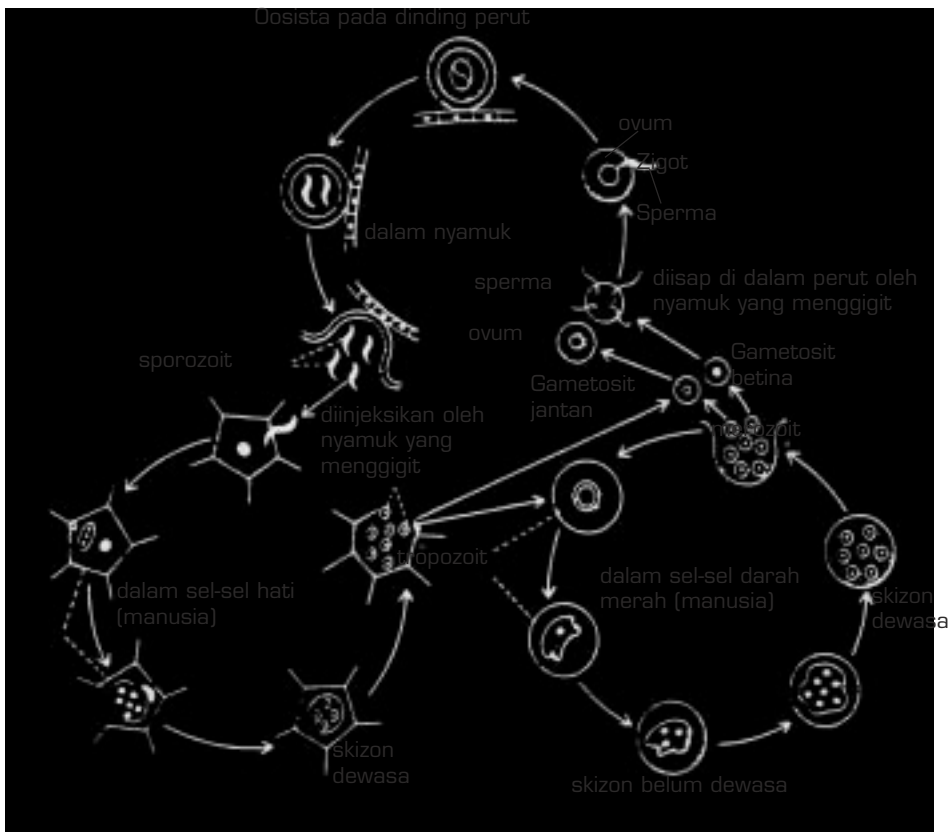


Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 4.14 *Plasmodium vivax*

Plasmodium merupakan Sporozoa penyebab penyakit malaria. Malaria merupakan salah satu pembunuh terbesar bagi manusia sepanjang zaman. Terdapat empat spesies **Plasmodium** yang menyebabkan penyakit malaria, yaitu: **P. vivax**, penyebab malaria tersiana tak ganas, **P. ovale**, penyebab malaria tersiana tak ganas, **P. malariae**, penyebab malaria kwartana tak ganas dan **P. falcifarum**, penyebab malaria tersiana ganas (Gambar 4.14).

Daur hidup Plasmodium cukup rumit, seperti tergambar pada Gambar 4.15. Reproduksi seksual organisme ini terjadi di dalam tubuh nyamuk, sedangkan reproduksi aseksualnya terjadi pada manusia, yaitu di dalam sel-sel hati dan dalam sel darah merah. Sporozoit yang diinjeksikan oleh gigitan nyamuk memasuki sel hati melalui peredaran darah dan memperbanyak diri secara aseksual (skizogoni). Selanjutnya merozoit yang terbentuk, memasuki sel darah merah. Gametosit yang terbentuk dari merozoit diisap atau disedot dari darah oleh nyamuk yang menggigit dan diubah menjadi sista pada dinding perut serangga tersebut. Zigot secara eksternal menjadi sista pada dinding perut dan membentuk oosista, yang melalui perbanyakan aseksual (sporogoni), menghasilkan banyak sporozoit yang kemudian menyerbu kelenjar ludah nyamuk. Dari sini sporogoni diinjeksikan melalui gigitan nyamuk ke dalam tubuh manusia lainnya.



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 4.15 Daur hidup Plasmodium

INFO BIOLOGI

Penyakit Utama pada Manusia Akibat Protozoa

Toksoplasma dan malaria merupakan penyakit manusia yang utama, yang disebabkan sporozoa. **Toxoplasma gondii** adalah penyebab penyakit **toksoplasmosis**. Penyakit ini pada manusia biasanya tidak gawat dan tidak menimbulkan gejala. Biasanya penyembuhan spontan dapat segera terjadi. Meskipun demikian, infeksi transplasental, yaitu infeksi pada janin manusia yang ditularkan melalui ibunya, dapat menyebabkan kondisi yang mengkhawatirkan. Akibatnya dapat berupa bayi yang mati saat lahir, atau seorang anak dengan cacat mental dan gangguan-gangguan lainnya. *Toxoplasma* biasanya hidup pada hewan-hewan dari keluarga kucing termasuk kucing peliharaan.

Sumber: *Mikrobiologi*, Pekzar

Rangkuman

1. Berdasarkan cara memperoleh makanan dan cara hidupnya, protista dikelompokkan dalam 3 kelompok besar.
2. Protista yang menyerupai tumbuhan hidup autotrof dan banyak ditemukan pada permukaan air tawar maupun air laut. Kebanyakan protista dari kelompok ini merupakan **fitoplankton** di air dan merupakan penyedia biomassa dan oksigen dalam jumlah yang sangat besar. Jadi, berperan sebagai produsen dan merupakan awal rantai makanan di perairan.
3. Cara perkembangbiakan protista yang menyerupai tumbuhan kebanyakan secara aseksual, tetapi ada juga yang membentuk struktur seksual tertentu.
4. Protista yang menyerupai fungi mendapatkan makanan dan energi dengan cara menguraikan dari materi organik lain. Dengan demikian, mereka merupakan makhluk hidup heterotrof. Perkembangbiakan dilakukan secara aseksual dengan pembelahan mitosis.
5. Protista yang menyerupai hewan disebut juga **protozoa** yang bersel tunggal, mempunyai variasi bentuk yang kompleks dan kebanyakan dapat bergerak dengan cara berbeda. Reproduksi terjadi secara aseksual dan seksual.
6. Protozoa terdiri atas flagellata, sarcodina, ciliofora dan sporozoa.
7. Peran penting kelompok ini, di antaranya menjaga keseimbangan ekologis pada banyak komunitas di lingkungan daratan basah maupun di perairan.

8. Beberapa protozoa bersifat parasit dan menyebabkan penyakit pada hewan dan manusia. Contoh penyakit yang disebabkan kelompok protozoa adalah penyakit disentri, yaitu diakibatkan oleh **Entameba histolitica**, penyakit tidur diakibatkan **Tripanosoma**, penyakit toksoplasma diakibatkan **Toxoplasma gondii**, dan yang paling terkenal adalah penyakit malaria diakibatkan **Plasmodium**.

Kata Kunci

Blooming	Neurotoksin	Tanah diatom
Dekomposer	Plasmodium	Vakuola kontraktil
Fitoplankton	Red tide	Zooplankton
Fire plant	Sklerotum	
Karotenoid	Stigma	

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

- Ciri penting Kingdom Protista, antara lain
 - sel eukariot, uniseluler, berkembang biak secara aseksual
 - sel prokariot, uniseluler, berkembang biak secara seksual
 - sel prokariot, multiseluler, berkembang biak secara aseksual dan seksual
 - sel eukariot, multiseluler, berkembang biak secara aseksual dan seksual
 - sel eukariot, uniseluler, berkembang biak secara aseksual dan seksual
- Berdasarkan cara memperoleh makanan dan cara hidupnya, Protista dikelompokkan menjadi 3 kelompok utama, yaitu
 - Euglenophyta, Gyncomycota, Mastigophora
 - Euglenophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta
 - Mastigophora, Sporozoa, Cilliophora
 - Protista menyerupai tumbuhan, Protista menyerupai jamur, Protista menyerupai hewan
 - Chrysophyta, Mastigophora, Ciliophora

3. Euglenoid adalah contoh paling umum dari Protista yang menyerupai tumbuhan. Ciri paling menonjol dari protista ini adalah
 - A. uniseluler, autotrof, bervakuola kontraktil, dan mempunyai stigma
 - B. uniseluler, heterotrof, bervakuola kontraktil, dan mempunyai stigma
 - C. multiseluler, autotrof, bervakuola kontraktil, dan mempunyai stigma
 - D. multiseluler, heterotrof, bervakuola kontraktil, dan mempunyai stigma.
 - E. uniseluler, heterotrof, bervakuola kontraktil, dan tak mempunyai stigma

4. Kelompok Protista menyerupai tumbuhan yang sering menimbulkan pasang merah di laut, merupakan kelompok
 - A. Euglenoid
 - B. Pyrrophyta
 - C. Chrysophyta
 - D. Myxomycota
 - E. Acrasiomycota

5. Pada protista yang menyerupai jamur, terdapat suatu fase somatik yang disebut plasmodium. Plasmodium pada kelompok ini mempunyai ciri di bawah ini, **kecuali**
 - A. merupakan perpanjangan protoplasma
 - B. dapat bergerak seperti ameba
 - C. berinti banyak
 - D. ukurannya dapat bertambah
 - E. multiseluler

6. Protozoa disebut juga protista menyerupai hewan. Protozoa yang dapat berperan dalam menjaga keseimbangan lingkungan biasanya adalah
 - A. protozoa saprofitik
 - B. protozoa yang merupakan zooplankton
 - C. protozoa autotrof
 - D. protozoa bersel banyak
 - E. protozoa penyebab penyakit

7. Protozoa dapat menyebabkan penyakit pada hewan dan manusia. Beberapa contoh penyakit yang disebabkan protozoa seperti di bawah ini, **kecuali**
 - A. hepatitis
 - B. malaria
 - C. penyakit tidur
 - D. amebiasis
 - E. lesmeniasis

8. Protista menyerupai hewan dikelompokkan menjadi beberapa kelompok berdasarkan
 - A. ukuran selnya
 - B. jumlah selnya
 - C. cara reproduksi
 - D. cara mencari makan
 - E. bentuk gerak alih

9. Kelompok protozoa yang semua anggotanya berperan sebagai parasit baik pada hewan maupun manusia adalah
 - A. mastigophora
 - B. sarcodina
 - C. sporozoa
 - D. ameba
 - E. siliata

10. Hampir semua siliata hidup bebas, kecuali satu-satunya spesies yang hidup sebagai parasit, yaitu
 - A. *Toxoplasma gondii*
 - B. *Plasmodium vivax*
 - C. *Balantidium coli*
 - D. *Trichomonas vaginalis*
 - E. *Trypanosoma gambiensis*

B. Jawab pertanyaan berikut dengan benar.

1. Protista dibagi menjadi protista yang menyerupai tumbuhan, protista yang menyerupai fungi, dan protista yang menyerupai hewan. Jelaskan atas dasar apakah pengelompokan tersebut.
2. Protista yang menyerupai hewan disebut juga protozoa, jelaskan apa arti kata tersebut dan berdasarkan apakah pengelompokan protozoa menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil.
3. Protista merupakan kelompok makhluk hidup yang cukup berperan dalam ekosistem bumi. Ceritakan peran apa saja yang dimiliki protista, jelaskan contoh peran tersebut beserta nama kelompok atau spesiesnya.
4. Ada kelompok protista menyerupai hewan yang semuanya bersifat parasit. Jelaskan kelompok mana berikut contoh-contoh spesies penyebab penyakit dan penyakitnya.
5. Siliata dapat melakukan pembiakan secara seksual dan aseksual. Jelaskan bagaimana proses pembiakan seksual dan aseksual pada kelompok hewan tersebut.

Bab V

Jamur



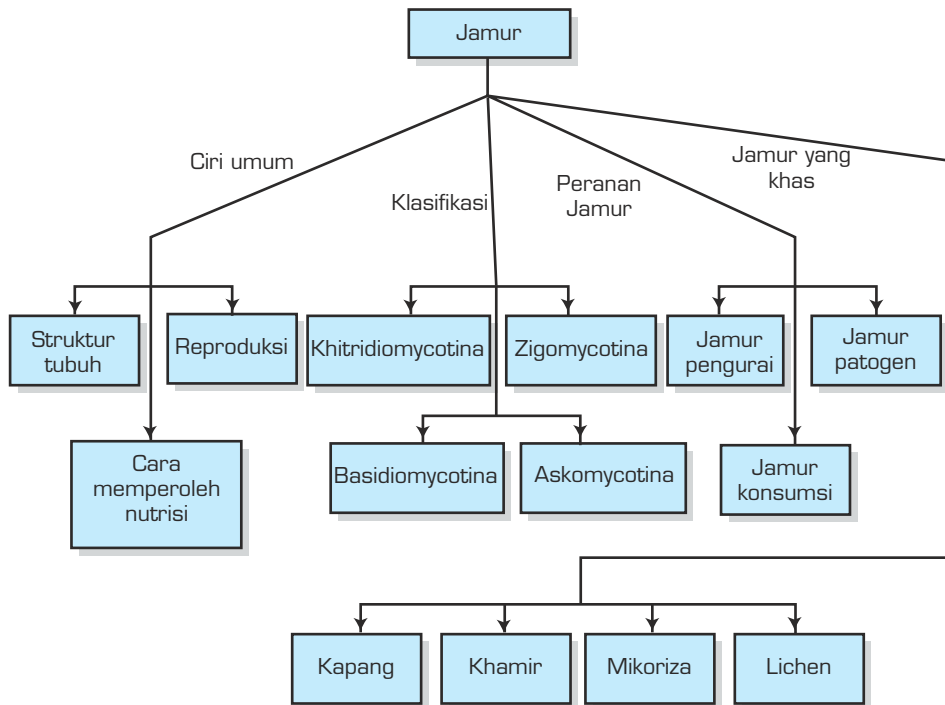
Sumber: Indonesian Heritage, *Plants*

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. menjelaskan ciri-ciri umum jamur;
2. mengetahui peran jamur bagi kehidupan;
3. mengetahui jenis-jenis jamur di lingkungan sekitarnya.
4. melakukan uji coba fermentasi bahan makanan dengan jamur.

PETA KONSEP



Semua jenis jamur termasuk ke dalam kingdom Fungi, dengan ciri khasnya **tidak berklorofil**. Jamur tersusun oleh sel-sel eukariotik (memiliki membran inti). Jika dibandingkan dengan protista, struktur tubuh jamur lebih kompleks. Pernahkah kamu melihat jamur merang, jamur tiram, dan jamur kancing? Banyak orang yang suka jamur tersebut karena enak dimakan. Menurut penelitian, beberapa jenis jamur juga berkhasiat bagi kesehatan, misalnya, jamur kuping dapat melancarkan peredaran darah dalam tubuh, atau jamur tiram dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah. Akan tetapi, tidak semua jenis jamur menguntungkan bagi manusia. Beberapa jenis jamur bahkan dapat menimbulkan penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Hampir semua barang yang terbuat dari bahan organik dapat diserang dan dirusak oleh jamur, seperti makanan, pakaian, kertas, kulit, dan kayu.

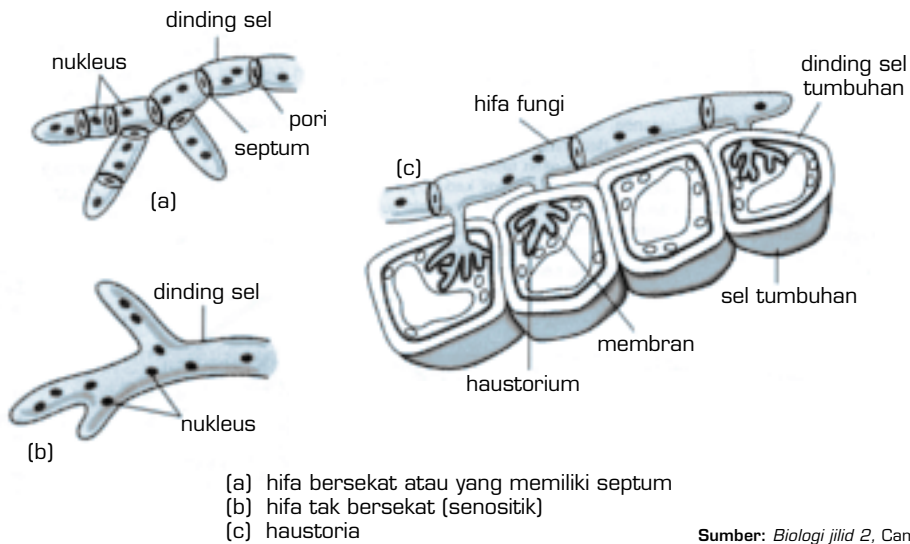
Ada juga jenis jamur saprofit yang mempunyai kemampuan menguraikan bahan-bahan organik sisa tumbuhan dan hewan yang sudah mati menjadi zat-zat hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan hijau. Jamur ini bersama dengan bakteri berperan sebagai pengurai (dekomposer) dalam ekosistem. Fungi bersama-sama dengan bakteri bertanggung jawab atas penguraian sampah organik. Dapatkah kamu bayangkan keadaan bumi kita tanpa kehadiran organisme pengurai? Dalam bab ini akan dibahas mengenai ciri-ciri umum, klasifikasi, jenis jamur dengan gaya hidup unik, dan peranan jamur bagi kehidupan.

A. Ciri-Ciri Umum Jamur

Jamur adalah organisme unik yang umumnya berbeda dari organisme eukariotik lain. Perbedaan itu dapat kita lihat pada struktur tubuh dan cara hidupnya. Untuk mengetahui ciri-ciri jamur, kita akan mempelajari tentang struktur tubuh jamur, cara memperoleh makanan, dan cara berkembang biak (reproduksi) jamur.

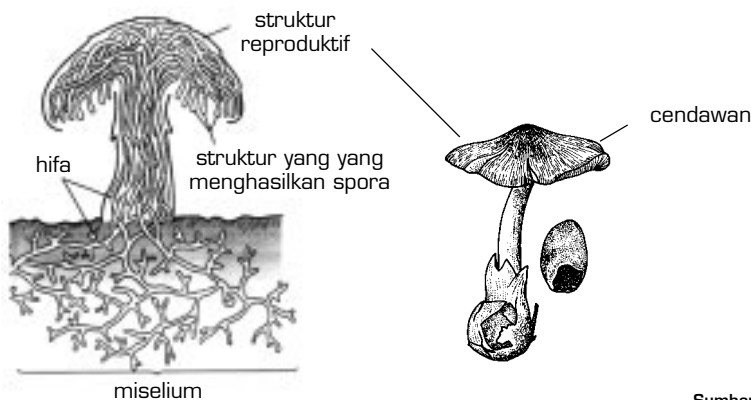
1. Struktur Tubuh Jamur

Tubuh jamur terdiri atas benang-benang halus yang disebut hifa. Di dalam hifa terdapat sitoplasma dengan organel yang biasa ditemukan pada eukariotik. Hifa membentuk suatu anyaman yang disebut miselium (jamak, miselia), yang merupakan jaringan “makanan” dari suatu jamur. Sebagian besar jamur merupakan organisme bersel banyak (multiseluler), kecuali khamir (ragi) adalah organisme bersel tunggal (uniseluler). Hifa dibagi menjadi sel-sel oleh sekat atau septum (jamak, septa). Septa umumnya memiliki pori yang cukup untuk mengalirkan isi sel dari satu sel ke sel yang lain. (Gambar 5. 1.a).



Gambar 5.1 Hifa

Beberapa jamur yang hifanya tidak bersekat, dikenal sebagai senositik (Gambar 5.1b). Sebagian besar jamur membentuk dinding selnya terutama dari kitin (**chitin**), suatu karbohidrat yang mengandung nitrogen. Jamur parasitik umumnya memiliki sejumlah hifa yang termodifikasi sebagai **haustoria**, ujung hifa penyerap makanan yang menembus jaringan inang (Gambar 5.1c). Miselium jamur tumbuh sangat cepat, menyebar ke tempat sekitarnya. Pernahkah kamu melihat cendawan? Gambar 5.2. Mengilustrasikan hubungan hifa tipis yang membentuk miselium dengan bentuk cendawan.



Sumber: *Biologi jilid 2, Campbell*

Gambar 5.2 Struktur cendawan

2. Cara Memperoleh Makanan

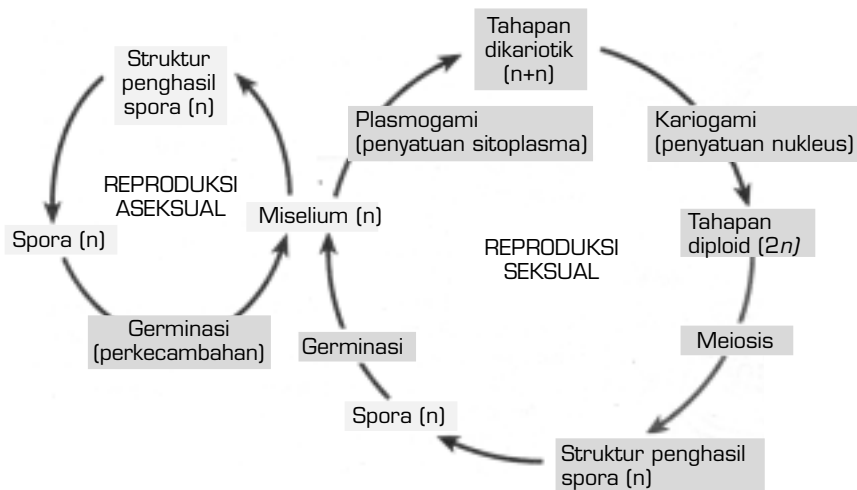
Jamur merupakan organisme heterotrof yang mendapatkan makanan melalui penyerapan (absorpsi). Jamur akan menyerap organik kecil dari lingkungan sekitarnya, kemudian dicerna di luar tubuhnya dengan cara mengeluarkan berbagai enzim. Enzim-enzim itu akan menguraikan molekul-molekul kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, yang dapat diserap dan digunakan oleh jamur. Cara memperoleh makanan dengan penyerapan ini menjadikan jamur sebagai **pengurai** (saproba), **parasit**, dan simbiosis mutualis. **Jamur saprobik** menyerap zat-zat makanan dari bahan organik yang sudah mati, seperti pohon tumbang, bangkai hewan atau buangan organisme hidup. Dapatkah kamu sebutkan contohnya? **Jamur parasitik** menyerap makanan dari sel-sel inang yang masih hidup, misalnya jenis jamur tertentu yang menginfeksi paru-paru manusia, bersifat patogenik. **Jamur mutualistik** juga menyerap makanan dari inangnya, tetapi jamur tersebut memberi keuntungan kepada pasangannya. Contohnya: lumut kerak (lichen), perpaduan antara jamur dan alga.

Jamur hidup di lingkungan yang sangat beraneka ragam, bersimbiosis dengan banyak organisme. Kebanyakan kelompok jamur ini hidup di darat, ada juga beberapa jenis jamur yang hidup di laut dan air tawar. Pernahkah kamu melihat ikan yang ditumbuhi jamur? Apa hubungan ikan dengan jamur tersebut?

3. Perkembangbiakan

Jamur berkembang biak dengan spora yang dihasilkan secara aseksual atau seksual. Hifa yang khusus sebagai penghasil spora menghasilkan spora haploid (kromosom tidak berpasangan). Jika kondisi lingkungan memungkinkan, jamur menghasilkan banyak spora secara aseksual. Spora terbawa angin atau air, mendarat di tempat yang lembap, kemudian berkecambah. Miselium membentuk suatu badan penghasil spora yang bersifat haploid. Gambar 5.3 memperlihatkan siklus hidup jamur secara umum.

Reproduksi seksual terjadi ketika ada perubahan lingkungan. Ada dua tahapan reproduksi seksual, yaitu plasmogami dan kariogami. **Plasmogami** adalah penyatuan sitoplasma dua miselia yang berdekatan. Plasmogami akan menghasilkan suatu tahap dikariotik ($n+n$) karena nukleus haploid dari masing-masing induk membentuk pasangan, tetapi tidak menyatu. **Kariogami** adalah penyatuan dua inti haploid, menghasilkan inti diploid (kromosom berpasang-pasangan). Sel diploid mengalami pembelahan meiosis langsung. Siklus hidup pada sebagian besar jamur meliputi tiga fase, yaitu haploid (n), dikariotik ($n + n$), dan diploid ($2n$). Perkembangbiakan secara seksual merupakan salah satu ciri yang dijadikan dasar klasifikasi jamur.



Gambar 5.3 Siklus hidup jamur secara umum

Sumber: *Biologi jilid 2, Campbell*

KEGIATAN 5.1

Membandingkan Jamur dengan Tumbuhan Tinggi

Setelah kamu mempelajari ciri-ciri jamur, bandingkan dengan ciri-ciri tumbuhan tinggi lalu salin dan lengkapi tabel berikut!

Tabel Perbedaan jamur dan tumbuhan biji

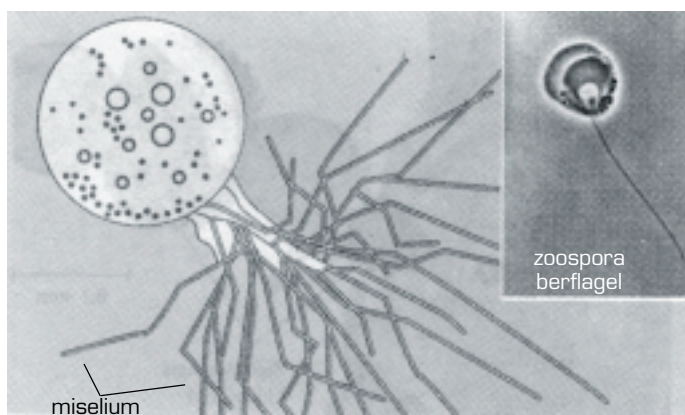
No.	Pembeda	Jamur	Tumbuhan Tinggi
1.	Sel	a. bersifat kariotik b. dinding sel mengandung kitin c. tanpa klorofil	_____ _____ _____
2.	Struktur Tubuh	_____ _____	a. kumpulan sel membentuk jaringan b. berbagai jaringan membentuk organ: akar, batang, dan daun
3.	Cara memperoleh makanan	mengisap zat organik dari lingkungan sekitar (heterotrof) secara parasit, saprofit, dan simbiosis	_____ _____
4.	Pembuluh angkut	_____ _____ _____	_____ _____ _____
5.	Pembiakan	_____ _____ _____ _____	a. dengan biji b. biji terbentuk melalui pembuahan (peleburan sel telur dan sperma) yang terjadi di dalam bakal biji.

Setelah kamu membandingkan jamur dengan tumbuhan biji, dapatkah dijelaskan mengapa tumbuhan biji disebut tumbuhan tingkat tinggi?

B. Klasifikasi Jamur

Dalam pengelompokan jamur digunakan istilah divisi, karena sebelumnya jamur termasuk kelompok tumbuhan. Para ahli mikologi (ahli biologi yang mempelajari jamur) memperkirakan bahwa ada sekitar 1,5 juta spesies jamur di seluruh dunia, dan lebih dari 100.000 spesies yang telah dikenal. Menurut skema taksonomik yang sekarang digunakan, jamur diklasifikasikan ke dalam 4 divisi yaitu Khitridiomikotina, Zigomikotina, Askomikotina, dan Basidiomikotina.

1. Khitridiomikotina (oomycotina)

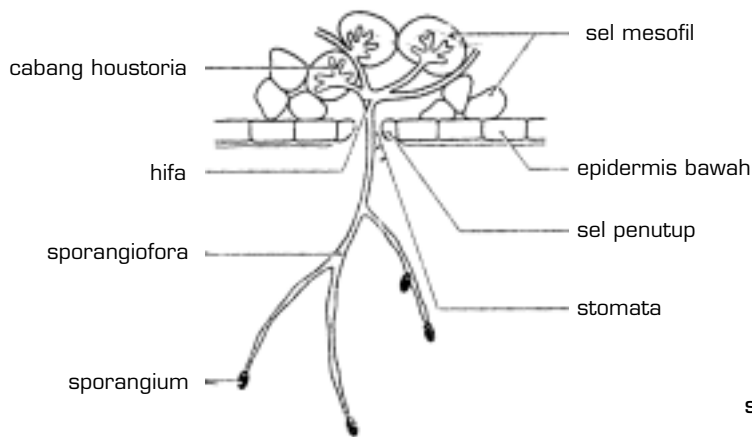


Gambar 5.4 Khitrid

Sumber: *Biologi jilid 2*, Campbell

Khitrid adalah jamur yang paling primitif dan merupakan organisme penghubung antara jamur dan protista. Sebagian besar khitrid hidup di air (organisme akuatik). Beberapa di antaranya adalah saproba, yang lain hidup sebagai parasit pada protista, tumbuhan, dan invertebrata akuatik, perhatikan Gambar 5.4.

Para ahli sistematika menggolongkan khitrid ke dalam kingdom fungi karena memiliki ciri-ciri utama mirip jamur, yaitu cara memperoleh makanan secara penyerapan, dinding sel terbuat dari kitin, dan memiliki beberapa enzim yang dimiliki jamur. Khitrid membentuk spora berflagel tunggal yang disebut **zoospora**. Flagela merupakan salah satu ciri kingdom protista, khitrid adalah satu-satunya anggota kingdom fungi yang memiliki flagela. Ada beberapa jamur dalam divisi ini merupakan jamur patogen. Salah satu contoh adalah **Phytophthora infestans** yang parasit pada tanaman kentang. Haustoria jamur menyerang sel-sel mesofil dan mengisap makanan dari sel-sel tersebut. Miselium membentuk sporangiospora dengan sporangiumnya, keluar dari stomata (perhatikan Gambar 5.5)



Sumber: *Biology*, Barrettl

Gambar 5.5 *Phytophora infestans*

2. Zigomikotina

Nama divisi ini berasal dari zigosporangia, struktur yang terbentuk selama reproduksi seksual. Kelompok jamur ini umumnya hidup sebagai saprofit (saproba) dan menyerap makanan dari organisme yang telah mati. Hanya sebagian kecil yang hidup secara parasit pada beberapa jenis makhluk hidup. Hifa zigomikotina tidak bersekat, mengandung inti haploid dan dinding selnya tersusun dari kitin. Contoh, jamur tempe (*Rhizopus oligosporus*) yang berperan dalam pembuatan tempe.

KEGIATAN 5.2

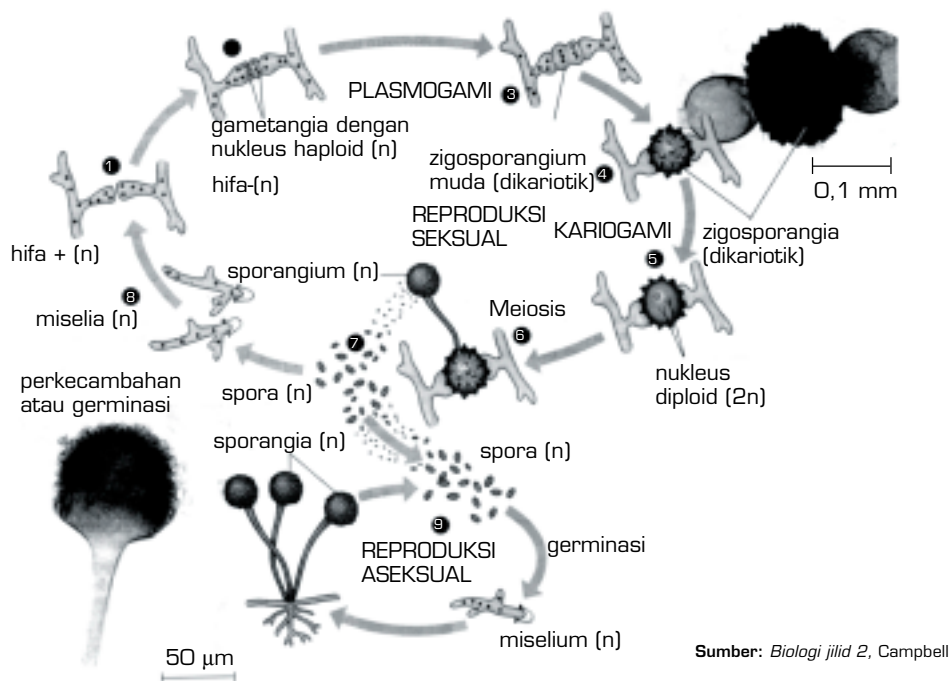
Mengamati Tempe

Amati bagian putih dan hitam dari tempe (bukan kacang kedelainya) dengan menggunakan mikroskop! Gambar hasil pengamatanmu dan tuliskan nama bagian-bagiannya! (Sediakan tempe yang berwarna putih dan tempe yang berwarna kehitaman)

Pertanyaan

1. Adakah benang-benang halus yang disebut hifa? Apakah hifanya bersekat?
2. Apakah cabang-cabang hifa membentuk suatu jalinan? Disebut apakah jalinan hifa semacam itu?
3. Jika kamu dapat melihat benang dengan ujungnya serupa bola yang berdiri tegak di atas hifa, itulah badan penghasil spora. Disebut apakah bola tempat pembentukan spora?
4. Warna putih pada tempe lama-lama akan berubah menjadi keabuan. Apa sebabnya?
5. Jika spora jatuh di tempat yang cocok, apa yang akan tumbuh dari spora tersebut?

Struktur jamur tempe masih sederhana, hifanya tidak bersekat. Hifa menyebarkan ke seluruh permukaan medium (kedelai), menembus dan menyerap makanan. Dalam fase aseksual, sporangium-sporangium bulat berkembang pada ujung hifa yang tegak. Di dalam masing-masing sporangium, ratusan spora haploid berkembang dan tersebar melalui udara. Jenis *Rhizopus* lain yang merupakan hama bagi rumah tangga adalah kapang roti hitam (***Rhizopus stolonifer***). Hifanya menyebarkan di seluruh makanan olahan. Reproduksi sama seperti jamur tempe. Pada Gambar 5.5 dapat kamu lihat siklus hidup *Rhizopus*.



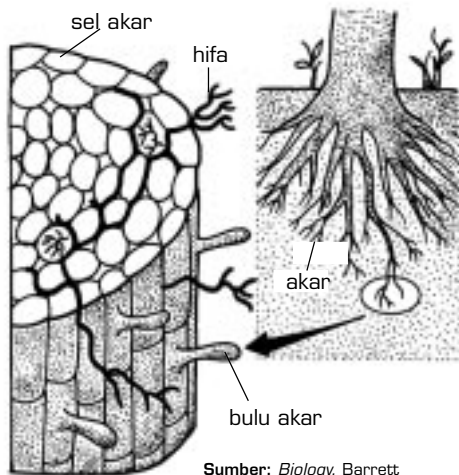
Gambar 5.5 Siklus hidup *Rhizopus*

Berdasarkan Gambar 5.5, struktur apa yang dihasilkan setelah peristiwa plasmogami? Apa perbedaan antara zigospora (4) dengan zigospora (5)? Mengapa spora yang dihasilkan sporangium bersifat haploid (n)?

Pembiakan seksual terjadi jika dua ujung hifa yang “berbeda” bersentuhan. Untuk memudahkan dalam membedakan kedua hifa itu, ditulis dengan membubuhkan tanda (+) dan tanda (-), yaitu hifa (+) dan hifa (-). Kedua ujung hifa itu menggebung membentuk **progametangium** yang akan menjadi **gametangium**. Kedua gametangium melebur menjadi satu badan yang disebut **zigospora**. Setiap inti haploid dari gametangium (+) melebur dengan inti haploid dari gametangium (-) menjadi inti diploid. Dinding zigospora

menebal sehingga tahan terhadap keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan dalam waktu lama. Jika keadaan lingkungan sudah memungkinkan, dari zigospora akan tumbuh sporangium dan inti-inti diploid di dalamnya membelah secara meiosis menjadi inti haploid. Sporangium yang sudah masak akan pecah, spora haploid keluar dan tumbuh menjadi hifa baru, untuk melanjutkan daur hidupnya. Jamur ini mengalami keturunan diploid yang singkat. Dapatkah kamu menyebutkan fase mana yang merupakan keturunan diploid?

Beberapa jenis jamur dari kelompok zygomikotina hidup di dalam tanah, bersimbiosis dengan akar tumbuhan tinggi. Hidup bersama antara akar dan filamen jamur semacam ini disebut **mikoriza**, yang umumnya terjadi sejak akar masih muda. Simbiosis ini menguntungkan kedua belah pihak. Jamur memperoleh makanan berupa zat organik dari akar tanaman, sedangkan penyerapan air dan mineral dari dalam tanah meningkat karena dibantu oleh jamur. Selain itu, hifa jamur menghasilkan hormon yang merangsang pertumbuhan tanaman. Bagaimana jamur dapat membantu penyerapan air dan mineral dari dalam tanah? Pelajari Gambar 5.6. Dapatkah kamu menjelaskan mengapa jamur ini dapat membantu akar tanaman menyerap air dan garam mineral dari dalam tanah?



Sumber: *Biology*, Barrett

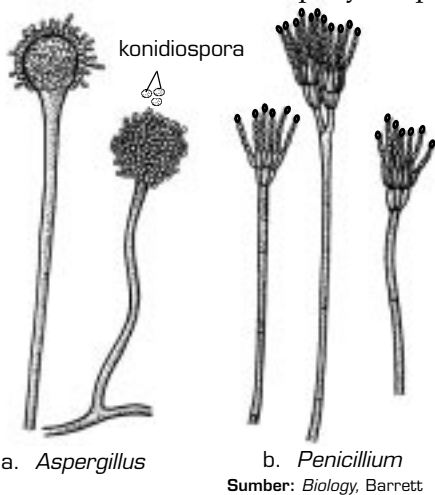
Zygomikotina merupakan kelompok jamur yang struktur tubuhnya masih sederhana dengan hifa tanpa sekat. Ukuran tubuhnya pun relatif lebih kecil dibanding dengan jamur dari kelompok Askomikotina yang akan kita pelajari pada uraian selanjutnya.

Gambar. 5.6 Mikoriza

3. Askomikotina

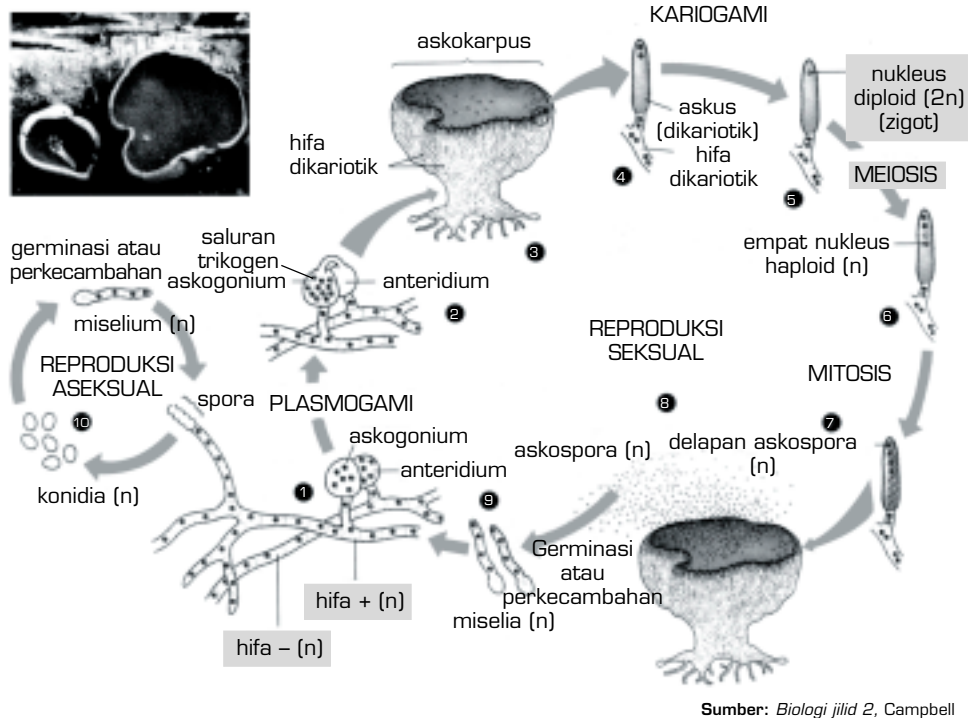
Askomikota merupakan kelompok jamur yang terbesar meliputi sekitar 30.000 spesies yang hidup bebas, ditambah 18.000 spesies yang bersimbiosis dengan alga. Sebagian besar bersel banyak, membentuk hifa yang bersekat dengan inti **haploid**. Hanya sebagian kecil yang bersel tunggal, seperti ragi

(*Saccharomyces*) yang bisa digunakan untuk mengembangkan roti. Kebanyakan Askomikotina merupakan **saproba**, tetapi ada juga yang hidup parasit dan menimbulkan penyakit pada tumbuhan.



Gambar 5.7 Konidia

Perkembangbiakan secara aseksual pada Askomikotina bersel banyak dengan membentuk **konidiospora** yang dihasilkan secara berantai oleh ujung hifa. Konidiospora kecil, ringan seperti debu, mudah terbawa angin, dan akan tumbuh pada tempat yang sesuai (Gambar 5.7). Reproduksi seksual dilakukan dengan pembentukan spora di dalam kantung kecil yang disebut askus. Oleh karena itu, sporanya disebut **askospora** dan kelompok jamur ini disebut **Askomikotina**. Siklus hidup Askomikotina pada Gambar 5.8 memperlihatkan pembentukan askospora. Susunlah urutan reproduksi aseksual, berdasarkan Gambar 5.8.

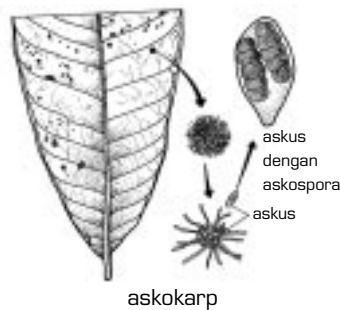


Gambar 5.8 Siklus hidup Askomikota

Sumber: Biologi jilid 2, Campbell

Perkembangbiakan seksual dimulai dengan pembentukan gametangia pada dua hifa yang berbeda. Hifa yang satu membentuk **anteridium** dan yang lainnya membentuk **askogonium** (1). Inti haploid dari anteridium mengalir ke askogonium melalui **saluran trikogin** (2). Di dalam askogonium inti yang berasal dari kedua gametangium berpasang-pasangan, kemudian membentuk hifa dengan inti berpasangan yang disebut **hifa dikariotik**, hifa ini membentuk askokarpus (3). Di dalam hifa dikariotik terjadi peleburan inti haploid (n) yang berpasangan (4) membentuk **zigot** yang diploid (5) dan hifa dikariotik berkembang menjadi **askus**. Zigot ($2n$) membelah secara meiosis menghasilkan 4 inti haploid (6), dilanjutkan dengan pembelahan mitosis dan terbentuklah 8 **askospora** di dalam askus (7). Askospora yang keluar dari askus (8) akan tumbuh menjadi hifa baru (9). Sebagian besar jamur kantung mengandung tahapan seksual dalam badan buah makroskopik atau askokarpus. Plasmogami menghasilkan hifa dikariotik, dan sel pada ujung hifa membentuk **askus**. Di dalam askus terjadi kariogami menghasilkan inti diploid, kemudian pembelahan meiosis membentuk askospora.

Bandingkan reproduksi seksual pada zigomikotina dengan reproduksi seksual pada Askomikotina, sebutkan perbedaannya. Gambar berikut memperlihatkan beberapa contoh askomisetes (akhirian misetes berarti jamur).



Meltiola mangiferae parasit pada daun mangga



Peziza aurantia yang memiliki tubuh buah berbentuk mangkuk. Dalam musim panas jamur ini mengeluarkan tubuh buah pada kayu lapuk



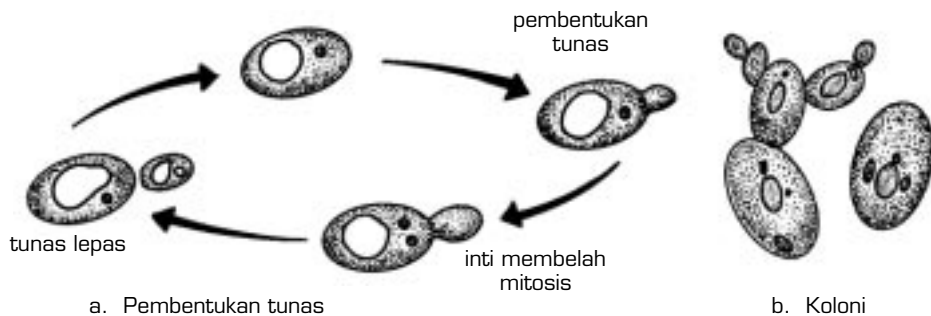
Morchella esculenta (morel) askokarpus berair, enak dimakan.

Sumber: Biologi jilid 2, Campbell

Gambar 5.9 Berbagai Askomisetes

Askomikotina bersel satu yang mempunyai nilai ekonomi tinggi dalam industri bioteknologi adalah ragi, misalnya **Saccharomyces cereviceae** yang dimanfaatkan untuk mengembangkan adonan roti dan pembuatan alkohol. Ragi (khamir) dikelompokkan ke dalam Askomikotina karena pembiakan

seksualnya dilakukan dengan membentuk askospora. Jika keadaan lingkungan memungkinkan untuk tumbuh, ragi berkembang biak secara aseksual dengan membentuk tunas, kemudian tunas ini memisahkan diri. Sering kali tunas tersebut tetap melekat pada induknya dan bertunas lagi sehingga membentuk koloni seperti tampak pada Gambar 5. 10.



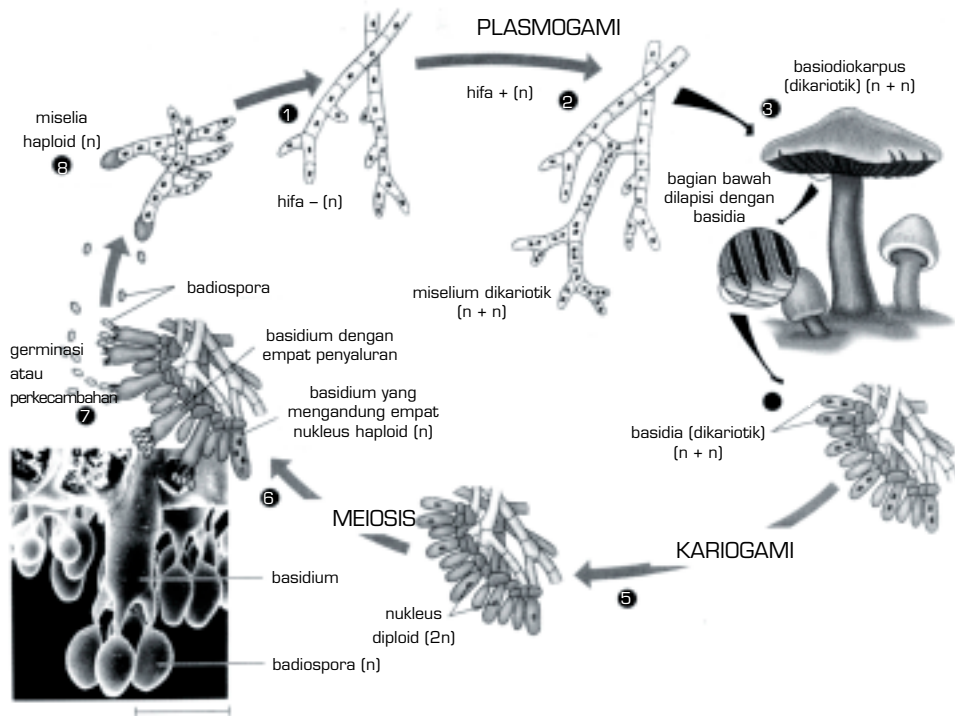
Sumber: *Essentials of Biology*, Hopsson

Gambar 5.10 Perkembangbiakan aseksual ragi

Jika keadaan lingkungan tidak memungkinkan untuk berkembang biak secara aseksual, maka ragi berkembang biak secara seksual dengan membentuk askospora. Pada perkembangbiakan seksual, dinding sel ragi berfungsi sebagai askus. Inti selnya yang diploid ($2n$) membelah secara meiosis menghasilkan 4 sel haploid yang akan berkembang menjadi askospora. Setelah askospora keluar dari askus, masing-masing akan bertunas dan membentuk askospora baru. Selanjutnya, terjadi peleburan antara dua askospora baru membentuk ragi yang diploid ($2n$).

4. Basidiomikotina

Kelompok jamur ini banyak dikenal karena tubuh buahnya tampak jelas di permukaan tanah atau substrat lainnya, seperti jamur merang (*Volvariella volvacea*) dengan tubuh buah berbentuk payung. Tubuh buahnya disebut **basidiokarpus** terdiri atas jalinan hifa dikariotik (setiap sel intinya berpasangan). Ujung-ujung hifa menggembung membentuk **basidia** yang di dalamnya terjadi peleburan dua inti haploid menjadi satu inti diploid, disusul dengan pembelahan meiosis yang menghasilkan **4 inti haploid**. Selanjutnya, basidium membentuk empat tonjolan yang berisi protoplasma dan keempat inti haploid tadi masing-masing akan mengisi tiap tonjolan, dan terbentuk empat buah **basidiospora haploid**. Gambar 5.11 memperlihatkan siklus hidup basidiomisetes. Jelaskanlah urutan siklus hidup basidiomisetes mulai dari nomor 1 sampai dengan nomor 8, berdasarkan Gambar 5.11 berikut ini.



Sumber: *Biologi jilid 2, Campbell*

Gambar 5.11 Siklus hidup basidiomikotina

Pertemuan dua hifa berbeda, hifa (+) dan hifa (-), terjadi di dalam tanah, menghasilkan **hifa dikariotik** yang dengan cepat tumbuh menjadi tubuh buah (basidiokarpus). Perkembangan basidiokarpus terjadi di atas permukaan tanah, sampai dihasilkannya basidiokarpus. Pembentukan basidiospora terjadi di dalam basidium yang terletak di permukaan bawah tudung basidiokarpus (cendawan). Tudung cendawan menyokong dan melindungi permukaan basidia yang sangat luas. Cendawan melepaskan banyak basidiospora yang jatuh di bawah tudung dan tertiuangin. Jika siklus hidup Askosmikotina dibandingkan dengan siklus hidup Basidiomikotina, manakah yang masa dikariotiknya lebih panjang? Hanya sebagian kecil basidiomisetes yang berkembang biak secara aseksual, yaitu dengan **fragmentasi hifa**.

KEGIATAN 5.3

Mengamati Struktur Tubuh Buah Jamur Merang

1. Amati basidiokarpus jamur merang yang baru mekar, kemudian sayatlah secara vertikal sampai bagian lamelanya setipis mungkin.
2. Amati sayatan tadi menggunakan mikroskop dengan pembesaran 100x dan gambarlah.

Pertanyaan

1. Apakah yang menyusun tubuh buah jamur merang?
2. Apakah hifanya bersekat? Berapa jumlah inti pada tiap sel?
3. Disebut apa tubuh buah jamur yang membentuk payung?
4. Di mana letak sporanya?

Basidiomisetes merupakan pengurai penting bagi kayu dan bagian tanaman yang lain, tetapi ada juga yang merupakan parasit pada tumbuhan, misalnya jamur api yang menyerang ujung batang tebu; jamur karat miseliumnya masuk ke dalam sel-sel daun yang diserangnya. Beberapa basidiomisetes bersimbiosis dengan tumbuhan tinggi membentuk **mikoriza**, misalnya mikoriza pada akar pinus. Tanpa mikoriza tersebut, pinus tidak dapat hidup normal. Beberapa jenis jamur dari kelompok Basidiomikotina disukai orang karena enak rasanya, seperti jamur kuping, jamur tiram, dan Ciitake (Gambar 5.12). Dapatkah kamu sebutkan contoh yang lain?



Sumber: Biologi jilid 2, Campbell

Auricularia polytricha (jamur kuping), kanan
Lentinus edodes (Chiitake) sebuah basidium
dengan spora
Pleurotus cystidiosus (jamur tiram)

Gambar 5.12 Berbagai basidiomisetes

C. Berbagai Jamur yang Khas

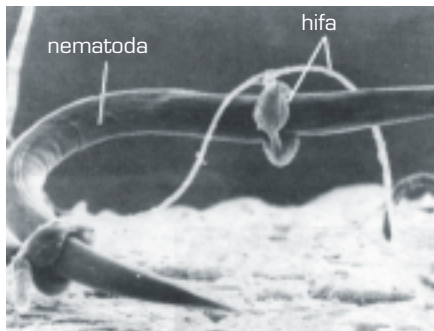
Pernahkah kamu mendengar istilah-istilah: kapang, khamir, lichen, dan mikoriza? Keempat istilah tersebut menunjukkan bentuk jamur dengan gaya hidup yang unik, terdapat pada kelompok jamur zigot, jamur kantung, dan jamur gada.

1. Kapang

Mungkin kamu pernah melihat noda pada kulit buah jeruk yang berwarna kebiru-biruan. Jeruk tersebut terserang oleh saprobik **Penicillium**, suatu askomisetes. Kapang ini berkembang biak dengan cara aseksual yang menghasilkan konidiospora, atau noda-noda hitam pada roti yang terserang kapang roti (*Rhizopus stolonifer*). Miselium jamur ini tumbuh sebagai saproba atau parasit pada berbagai jenis substrat. Istilah **kapang** berlaku hanya bagi tahapan aseksual, selanjutnya jamur yang sama akan berkembang biak secara seksual menghasilkan zigosporangia, askokarpus atau basidiokarpus. Namun, ada juga kapang yang tidak dikenal tahapan seksualnya sehingga tidak dapat dikelompokkan sebagai zigomisetes, askomisetes, atau basidiomisetes. Kapang tersebut disebut **deuteromisetes** (jamur tak sempurna). Uniknya, ada deuteromisetes yang hidup di dalam tanah sebagai pemangsa, membunuh dan memakan protista dan hewan kecil, terutama cacing gilig (nematoda).

INFO BIOLOGI

Jamur Pemangsa



Sumber: *Biologi jilid 2*, Campbell

Gambar di samping memperlihatkan sejenis jamur yang sedang menjerat cacing gilig (nematoda) sebagai mangsanya. Dalam waktu kurang dari satu detik, hifa dimodifikasi sebagai gulungan menyempit di sekitar cacing. Ketika cacing menyentuh bagian dalam gulungan tersebut, jamur itu kemudian menembus mangsanya dengan hifa dan mencerna jaringan bagian dalamnya.

Beberapa jenis kapang memiliki kegunaan komersial bagi manusia, misalnya beberapa spesies *Penicillium* merupakan sumber antibiotik yang disebut Penisilin. Spesies *Penicillium* lain, ***Penicillium roquefortii*** berperan dalam pembuatan keju.

2. Khamir

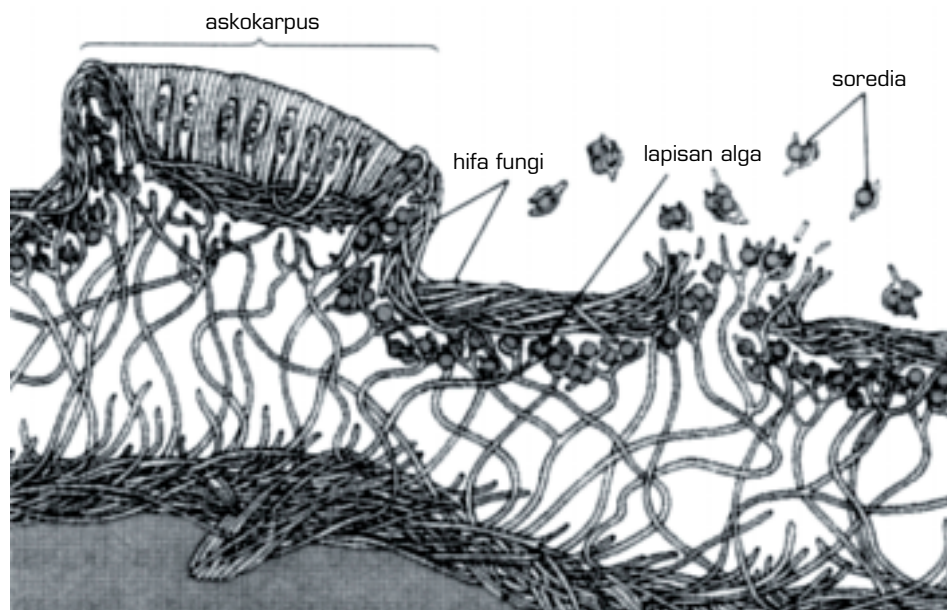
Salah satu khamir (ragi) yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah ***Saccharomyces cereviceae*** (Askomisetes), yang digunakan untuk membuat adonan roti agar mengembang, dan fermentasi minuman beralkohol. Sel

khamir membebaskan gelembung kecil CO_2 agar adonan mengembang. Selain itu khamir ini dapat mengubah gula menjadi alkohol. Khamir merupakan jamur bersel tunggal yang menempati habitat cair dan lembap. Reproduksi aseksual dengan membuat tunas, beberapa khamir berkembang biak secara seksual, dengan cara membentuk askus atau basidium. Khamir yang tidak diketahui reproduksi seksualnya dimasukkan ke dalam kelompok jamur tak sempurna.

Para peneliti telah menggunakan *Saccharomyces* untuk mempelajari genetika molekuler eukariota, karena mikroba tersebut mudah dibiakkan dan dimanipulasi. Walaupun banyak manfaat khamir bagi manusia, beberapa khamir menyebabkan masalah. Contohnya khamir merah muda, *Rhodotorula*, tumbuh pada alat rumah tangga yang permukaannya lembap. Khamir lainnya adalah *Candida* menjadi penghuni epitel manusia yang lembap, seperti bagian vagina.

3. Lichen

Lichen merupakan simbiosis dari berjuta-juta alga bersel satu yang disatukan dalam jaringan hifa jamur. Struktur tubuhnya dapat dilihat pada Gambar 5.13.

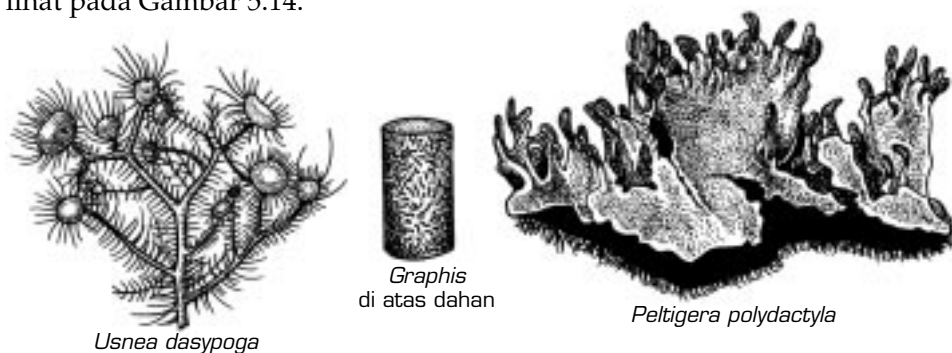


Sumber: *Biologi jilid 2*, Campbell

Gambar 5.13 Lichen (lumut kerak)

Tubuhnya terdiri atas sekelompok alga hijau atau sianobakteri dan jalinan hifa jamur (askomisetes) yang dapat menyimpan air dan mempertahankan kelembapan. Permukaan atas dan bawah adalah lapisan pelindung hifa jamur yang terbungkus rapat. Tepat di bawah permukaan atas adalah alga yang terjalin dalam jaring hifa. Bagian tengah umumnya terdiri atas hifa jamur yang terjalin agak longgar. Jalinan hifa yang ada di lapisan bawah dilengkapi dengan rizoid untuk melekatkan diri pada tempat tumbuhnya, dan jalinan hifa yang ada di lapisan atas melindungi alga dari intensitas cahaya yang berlebihan. Hifa jamur menyediakan air dan mineral yang diperlukan alga untuk fotosintesis, sementara jamur memperoleh zat organik hasil fotosintesis. Asosiasi apa yang terjalin antara alga dan jamur dalam lichen ini? Lichen dapat tumbuh di batu, kayu, dan permukaan tanah.

Lichen lebih sering melakukan perkembangbiakan secara aseksual, yaitu dengan **fragmentasi** atau dengan menggunakan **soredium** (beberapa sel alga yang terbungkus oleh hifa jamur). Soredium sangat kecil dan ringan sehingga mudah terbawa angin. Perkembangbiakan seksual terjadi pada setiap anggota simbiosis (symbion). Askospora dari jamur jatuh di tempat tertentu dan akan tumbuh menjadi hifa. Jika secara kebetulan di tempat tersebut terdapat alga yang sesuai, akan terbentuk lichen baru. Beberapa contoh lichen, dapat kamu lihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Macam-macam lichen

Sumber: *Advanced Biology*, Clegg

Penyebaran lichen sangat luas, mulai dari Artik (dekat Kutub Utara) sampai ke hutan hujan tropis basah. Di daerah tundra, lichen merupakan makanan rusa kutub. Kemampuan untuk hidup di tempat gersang menyebabkan lichen berperan sebagai tumbuhan perintis yang sangat membantu dalam proses pelapukan bebatuan. Dalam bidang industri, lichen dimanfaatkan sebagai bahan penyamak kulit, bahan pewarna, dan bahan kosmetik. Selain itu, lichen mampu menyerap sulfur dioksida yang merupakan komponen pencemaran udara. Jika keanekaragaman lichen di suatu tempat berkurang, berarti di tempat tersebut terjadi polusi udara. Dengan demikian, lichen dapat dijadikan petunjuk (indikator) adanya polusi udara.

4. Mikoriza

Hampir semua tumbuhan vaskuler memiliki mikoriza. *Mycorrhiza* berarti “akar fungi” yang merupakan asosiasi mutualistik akar tumbuhan dengan jamur. Zigomikotina, Askomikotina, dan Basidiomikotina semuanya memiliki mikoriza. Masih ingatkah kamu jenis jamur apa yang membentuk mikoriza pada pohon pinus? Perluasan miselium jamur yang membentuk mikoriza itu meningkatkan permukaan penyerapan akar tumbuhan tersebut. Kedua pasangan akan mempertukarkan mineral yang diisap oleh jamur dari tanah, dan zat organik yang disintesis oleh tumbuhan. Mikoriza sangat penting bagi ekosistem alam dan pertanian.

Tugas

Kumpulkan informasi dari berbagai sumber (media cetak/elektronik) tentang pupuk yang mengandung mikoriza.

D. Peranan Jamur bagi Kehidupan

Udara sedemikian penuhnya dengan spora jamur sehingga setelah daun gugur atau serangga mati, jasadnya akan segera diselimuti oleh hifa jamur saprobik. Jamur telah membusukkan sampah hutan dan bangkai hewan sehingga terjadi keseimbangan dalam ekosistem. Akan tetapi, apa yang akan terjadi jika jamur menyerang buah-buahan dan berbagai alat dalam rumah kita? Dalam uraian selanjutnya akan kita pelajari mengenai jamur sebagai pengurai, jamur konsumsi, dan jamur patogen.

INFO BIOLOGI

Jamur Kaya Antioksidan

Jika pesan piza atau membuat salad, tambahkan jamur untuk meningkatkan pemasukan antioksidan. Antioksidan adalah zat kimia yang secara alamiah terdapat di dalam makanan yang dapat menetralkan radikal bebas. Radikal bebas merupakan penyebab kerusakan sel di antaranya kanker.

Riset baru kini menunjukkan, dalam hal antioksidan tertentu jamur mengalahkan hati ayam yang terkenal sebagai sumber antioksidan **ergothioneine**. Jamur kancing putih mengandung antioksidan 4 kali lebih tinggi dibandingkan hati ayam. Pemasakan tidak merusak kadar ergothioneine.

Sumber: Kompas

1. Jamur sebagai Pengurai

Jamur bersama bakteri merupakan pengurai utama yang menjaga tersedianya zat hara yang sangat penting bagi pertumbuhan tumbuhan. Jamur pengurai dapat menguraikan bahan-bahan organik menjadi bahan anorganik (karbon, nitrogen). Hifanya menembus jaringan sel organisme yang telah mati. Tanpa jamur pengurai, bahan-bahan anorganik, seperti karbon, nitrogen, dan unsur-unsur lain tetap terkumpul dalam bahan organik, tidak dapat terurai. Saproba pengurai kayu dapat merusak barang-barang yang terbuat dari kayu, misalnya sampan. Selama Perang Revolusi, Inggris lebih banyak kehilangan sampan akibat jamur dibandingkan dengan yang rusak akibat serangan musuh. Panen buah-buahan juga menurun akibat jamur menyerang buah-buahan yang matang.

2. Jamur Konsumsi

Pada uraian terdahulu telah disebutkan beberapa jenis jamur yang enak dimakan, seperti jamur merang dan jamur kuping. Dapatkah kamu sebutkan contoh-contoh lain? Jamur-jamur tersebut enak rasanya dan bergizi tinggi karena jamur mengandung berbagai unsur mineral yang diperlukan tubuh (seperti kalsium, magnesium, helium, dan natrium), dan berbagai vitamin. Ada sejenis jamur yang disebut **truffle**, tubuh buah (askokarpus) di dalam tanah, miselia merupakan mikoriza pada akar pohon, memiliki cita rasa yang kompleks. Askokarpusnya mengeluarkan bau keras yang menarik hewan dan serangga, kemudian hewan-hewan tersebut menggantinya dan menyebarkan spora. Beberapa jamur liar dapat dimakan, tetapi hati-hati jika mengonsumsi jamur liar karena hanya yang ahli saja yang dapat membedakan jamur beracun dengan jamur yang dapat dimakan.

Dari segi ekonomi, jamur menguntungkan karena harganya tinggi, waktu panennya singkat (1-3 bulan). Oleh karena itu, banyak orang yang tertarik akan budi daya jamur. Coba kamu kunjungi perkebunan jamur yang ada di daerahmu, kumpulkan keterangan yang lebih terperinci sehingga kamu dapat membudidayakan jamur sendiri. Beberapa jenis jamur berperan dalam fermentasi, seperti yang tercantum pada tabel berikut.

Tabel 5.1 Jamur yang Berperan dalam Fermentasi

No.	Jamur yang Berperan	Bahan Baku	Nama Makanan
1.	<i>Saccharomyces cereviceae</i>	Singkong, beras, ketan, dan terigu	tape, roti
2.	<i>Saccharomyces sake</i>	pati atau nasi	sake

3.	Rhizopus oligosporus	kedelai	tempe
4.	Aspergillus wentii	kedelai hitam	kecap
5.	Neurospora sitophyla	bungkil kacang	oncom
6.	Penicillium requeforti dan Penicillium camemberti	susu	keju

KEGIATAN 5.4

Membuat Tempe

Alat dan bahan:

Kacang kedelai, ragi tempe, (**Rhizopus sp**), daun pisang/plastik, baskom, langseng, tampah.

Langkah kerja

1. Kedelai dikupas kulitnya.
2. Rebus kedelai yang telah dikupas tersebut sampai hampir mendidih, kemudian direndam dalam air perebus selama 22 jam.
3. Cuci kedelai yang telah direbus untuk menghilangkan sisa-sisa kulit yang tertinggal.
4. Rebus kembali dalam air bersih selama 40 menit, tiriskan dan dinginkan.
5. Inokulasi dengan preparat jamur (1 gram per 1 kilogram kedelai).
6. Bungkus dengan kain belacu (cheese cloth) dan biarkan selama 24 jam pada suhu kamar.
7. Masukkan ke dalam kantung-kantung plastik yang berlubang-lubang kecil (satu lubang pada setiap 4 cm²). Fermentasi berlangsung pada suhu kamar selama 14 - 16 jam.

Pertanyaan

1. Jamur apa yang berperan dalam pembuatan tempe?
2. Apa yang dimaksud dengan fermentasi?
3. Perbedaan apa yang tampak antara kedelai rebus dan kedelai pada tempe.

3. Jamur Patogen

Tumbuhan sangat rentan terhadap penyakit yang disebabkan oleh jamur. Beberapa jenis jamur yang patogen telah kita ketahui dari uraian sebelumnya. Dapatkah kamu sebutkan? Beberapa tanaman yang rentan terhadap penyakit jamur, antara lain kentang, tomat, dan seledri. Jamur yang menyerang tanaman penghasil makanan bersifat toksik pada manusia. Contoh, tempe

bongkrek dapat menyebabkan keracunan, jika pembuatannya kurang bersih. Hal ini karena tempe bongkrek terkontaminasi oleh jamur **Pseudomonas cocovenenans** yang mengeluarkan racun. Beberapa jenis kapang yang termasuk *Aspergillus* (mengeluarkan aflatoksin) mengontaminasi biji-bijian yang tidak tersimpan dengan baik, aflatoksin bersifat karsinogenik. Contoh lain, sejenis askomisetes membentuk struktur berwarna ungu yang disebut **ergot** pada gandum hitam. Racun dari ergot menyebabkan kejang saraf, rasa terbakar, halusinasi dan kegilaan temporer. Sebaliknya toksin yang diekstraksi dari jamur sering kali memiliki khasiat medis ketika diberikan dalam dosis ringan. Contoh, suatu senyawa ergot sangat membantu mengobati tekanan darah tinggi dan menghentikan pendarahan ketika melahirkan.

Jamur juga menimbulkan berbagai penyakit pada manusia, antara lain ketombe pada kepala, gatal-gatal pada kaki, panu, infeksi khamir pada vagina, dan infeksi paru-paru. Untuk obat, jamur berkhasiat sebagai antivirus, antikarsinogenik, dan penambah kebugaran tubuh (misalnya jamur lingzhi). Jamur lingzhi disebut juga jamur kayu yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan obat untuk menyembuhkan berbagai penyakit, antara lain tekanan darah tinggi, diabetes, kanker, ginjal, dan saraf. Bahkan menurut peneliti jamur terkenal di Jepang, Prof. Dr. Hieroaki Nahba, Ph.D, Jamur maitake (**Grifolia frondosa**) mampu menghambat pertumbuhan HIV.

Rangkuman

1. Hifa jamur membentuk suatu anyaman yang disebut miselium, yaitu merupakan jaringan “makan” dari suatu jamur.
2. Jamur merupakan organisme heterotrof yang mendapatkan makanan melalui penyerapan.
3. Jamur berkembang biak dengan spora yang dihasilkan secara aseksual atau seksual.
4. Jamur diklasifikasikan ke dalam 4 divisi, yaitu Khitridiomikotina, Zigomikotina, Askomikotina, dan Basidiomikotina.
5. Khitrid menghasilkan zoospora (spora berflagel).
6. Askomisetes membentuk spora di dalam askus, basidiomisetes membentuk spora dalam basidium.
7. Kapang adalah jamur yang miseliumnya tumbuh sebagai saproba atau parasit pada berbagai jenis substrat.
8. Khamir adalah jamur bersel satu yang menempati habitat cair dan lembap, contoh ragi (**Saccharomyces cereviceae**).
9. Lichen merupakan simbiosis dari alga bersel satu yang disatukan dalam jaringan hifa jamur.
10. Mikoriza merupakan asosiasi mutualistik akar tumbuhan dengan jamur.

Kata Kunci

aflatoksin	fermentasi	patogenik
aseksual	gametogium	plasmogami
askokarpus	haploid	rizoid
askus	kariogami	soproba
basidiokarpus	kitin	soredium
basidium	konidiospora	simbion
dikariotik	meiosis	taksonomi
diploid	mikoriza	
eukariotik	miselium	

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Dalam siklus hidup jamur, spora yang jatuh di tempat yang lembap akan membentuk
 - A. protalium
 - B. protonema
 - C. miselium
 - D. arkegonium
 - E. anteridium
2. Dari hasil pengamatan jamur tampak ciri-ciri sebagai berikut.
 1. Hifa bersekat.
 2. Menghasilkan konidia.
 3. Terjadi pembentukan konidia.
 4. Terdapat hifa dikariotik.
3. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, termasuk ke dalam divisi mana jamur itu?
 - A. Khitridiomikotina
 - B. Zigomikotina
 - C. Askomikotina
 - D. Basidiomikotina
 - E. Deuteromikotina

3.



Perhatikan gambar jamur merang di samping ini. Apakah yang terdapat di dalam bagian yang bertanda X?

- A. Sporangium
- B. Askus
- C. Konidia
- D. Basidium
- E. Askospora

4. Kelompok spora yang terbentuk secara seksual adalah

- A. Konidiospora dan basidiospora
- B. Konidiospora dan askospora
- C. basidiospora dan sporangiospora
- D. askospora dan basidiospora
- E. konidiospora dan sporangiospora

5. Perhatikan tabel di bawah ini!

No.	Jenis Jamur	Peranannya
1.	<i>Neurospora crassa</i>	a. Pembuatan kecap
2.	<i>Saccharomyces cereviceae</i>	b. Pembuatan oncom
3.	<i>Penicillium chrysogenum</i>	c. Penghasil antibiotika
4.	<i>Aspergillus wentii</i>	d. Pembuatan roti

Manakah yang menunjukkan jenis jamur dan peranannya?

- A. 4 dengan d
 - B. 4 dengan a
 - C. 3 dengan b
 - D. 2 dengan b
 - E. 1 dengan c
6. Pada reproduksi seksual jamur terjadi plasmogami, yaitu proses penyatuan antara
- A. sitoplasma dan miselium
 - B. dua hifa yang berdekatan
 - C. dua inti haploid
 - D. dua inti hifa dikariotik
 - E. dua inti hifa diploid
7. Di mana terjadi kariogami pada reproduksi seksual Rhizopus?
- A. Hifa
 - B. Miselium
 - C. Zigosporangium
 - D. Zigospora
 - E. Sporangium

8. Berikut ciri-ciri khitrid yang mirip jamur, **kecuali**
- dinding sel dari kitin
 - menghasilkan zoospora
 - memiliki enzim yang dimiliki jamur
 - memperoleh makanan secara absorpsi
 - hidup di air
9. **Penicillium notatum** adalah jenis jamur yang berperan dalam bidang kedokteran karena
- dapat mengubah amilum menjadi alkohol
 - mengandung bahan obat
 - dapat menghasilkan zat antibiotika
 - digunakan dalam proses fermentasi
 - dapat menghasilkan aflatoksin
10. Jamur hidup sebagai saprofit, energi diperoleh dengan cara
- melakukan oksidasi dengan makanan
 - menguraikan makanan dengan bantuan enzim
 - menggunakan sinar matahari untuk membuat makanan
 - mengambil makanan dari lingkungan sekitar
 - menggunakan CO₂ untuk membuat makanan
11. Berdasarkan reproduksi seksualnya Saccharomyces termasuk divisi
- | | |
|----------------------|--------------------|
| A. Khitridiomikotina | D. Basidiomikotina |
| B. Zigomikotina | E. Deuteromikotina |
| C. Askomikotina | |
13. Salah satu jamur yang digunakan untuk mempelajari genetika molekuler eukariota adalah
- | | |
|------------------|-----------------|
| A. Penicillium | D. Deuteromyces |
| B. Aspergillus | E. Basidiomyces |
| C. Saccharomyces | |
14. Truffle merupakan jamur konsumsi yang memiliki cita rasa yang kompleks, hidup di dalam tanah sebagai
- | | |
|-------------|------------|
| A. kapang | D. lichen |
| B. khamir | E. parasit |
| C. mikoriza | |

15. Dari ciri-ciri jamur di bawah ini manakah yang merupakan ciri kelompok Askomikotina?

Kelas	Hifa	Reproduksi	Kotak Spora
P	tidak ada	aseksual	lonjong
Q	bersekat	aseksual dan seksual	seperti gada
R	bersekat	aseksual dan seksual	seperti kantung
S	tidak bersekat	aseksual dan seksual	bulat
T	bersekat	aseksual	seperti bola

- A. P
B. Q
C. R
D. S
E. T

B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Jelaskan perbedaan antara Askomikota dan Basidiomikota! Berikan contoh masing-masing!
2. Apa yang dimaksud dengan mikoriza? Jelaskan!
3. Kerusakan candi Borobudur di antaranya disebabkan adanya Lichen. Mengapa demikian?
4. Lichen dapat dijadikan indikator pencemaran udara. Jelaskan!
5. Mengapa ragi dimasukkan ke dalam Askomikotina?

C. Kerjakan tugas berikut ini dengan benar.

Kumpulkan informasi tentang peranan jamur bagi kehidupan dari berbagai sumber literatur/media.

Evaluasi Akhir Semester

A. Pilih Jawaban yang paling tepat.

1. Dalam penggolongan ilmu pengetahuan, biologi termasuk ke dalam . . .
 - A. ilmu hayat
 - B. ilmu pengetahuan
 - C. ilmu pengetahuan alam
 - D. ilmu pengetahuan sosial
 - E. ilmu faal
2. Berikut ini objek yang dipelajari dalam biologi, **kecuali** . . .
 - A. tumbuhan
 - B. hewan
 - C. mikroorganisme
 - D. ekosistem
 - E. kelembapan udara
3. Adi dan kelompoknya sedang mengamati ruas-ruas pada tubuh serangga. Objek yang sedang diamati Adi dan kelompoknya dipelajari dalam salah satu cabang biologi, yaitu . . .
 - A. zoologi
 - B. botani
 - C. morfologi
 - D. entomologi
 - E. anatomi
4. Berikut ini adalah berbagai tingkat organisasi kehidupan.
 1. Jaringan
 2. Organ
 3. Sistem organ
 4. Sel
 5. Populasi
 6. Komunitas
 7. Individu
 8. BiomaUrutan tingkat organisasi kehidupan mana yang benar?
 - A. 4-1-2-3-7-5-6-8
 - B. 1-3-7-2-8-5-4-6
 - C. 3-1-7-2-6-5-4-8
 - D. 4-1-2-7-6-4-5-8
 - E. 1-3-4-2-7-6-5-8
5. Berikut ini merupakan cabang biologi. Manakah ilmu yang mempelajari hubungan antara organisme dengan lingkungannya?
 - A. Genetika
 - B. Zoologi
 - C. Ekologi
 - D. Botani
 - E. Fisiologi

10. Manakah yang benar tentang jenis virus dan penyakit yang ditimbulkannya?
- Herpes virus menyebabkan cacar.
 - Virus TMV menyebabkan degenerasi floem.
 - Virus FMD menyebabkan tetelo pada ayam.
 - Papillonia virus menyebabkan campak.
 - Virus NCD menyebabkan tetelo pada ayam.
11. Kelompok Halofil ekstrem dari Arkeobakteria dapat tumbuh dengan baik pada
- lingkungan dengan kadar gula rendah
 - lingkungan dengan kadar gula tinggi
 - lingkungan dengan kadar garam rendah
 - lingkungan dengan kadar oksigen tinggi
 - lingkungan dengan kadar garam tinggi
12. Ciri yang membedakan antara Arkeobakteria dan Eubakteria, yaitu
- | | |
|---------------|----------------------------|
| A. struktural | D. biokimia dan fisiologi |
| B. biokimia | E. struktural dan biokimia |
| C. fisiologi | |
13. Lapisan lendir yang menyelubungi bakteri berfungsi sebagai
- pelindung
 - sumber nutrisi
 - memudahkan gerakan
 - tempat menempelkan diri pada inang
 - memberi bentuk sel
14. Bakteriofage merupakan virus yang menyerang bakteri. Virus ini berbentuk seperti
- | | |
|------------|---------------|
| A. huruf T | D. kotak |
| B. bola | E. polihedron |
| C. batang | |
15. Mana di antara jenis bakteri berikut ini yang bersifat autotrof?
- | | |
|----------------|----------------|
| A. Rhizobium | D. Nitrobakter |
| B. Clostridium | E. Bacillus |
| C. Pseudomonal | |

16. Berikut ini adalah tabel bakteri dan peranannya.

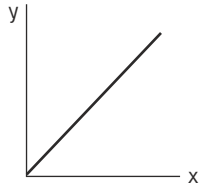
No.	Jenis Bakteri	No.	Peranannya
1.	Bacillus subtilis	a.	fermentasi
2.	Lactobacillus bulgaricus	b.	penghasil nitrat
3.	Rhizobium leguminosum	c.	penghasil antibiotika
4.	Vibrio comma	d.	penyakit typhus

Berdasarkan tabel di atas, mana pasangan yang benar?

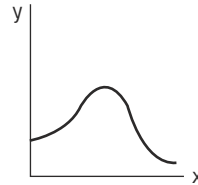
- A. 1 dengan c
- B. 1 dengan d
- C. 2 dengan b
- D. 3 dengan a
- E. 4 dengan d

17. Manakah grafik pembiakan bakteri yang benar pada suatu media yang volumenya tetap?

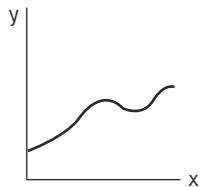
A.



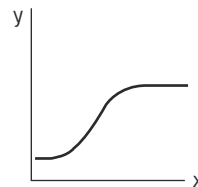
B.



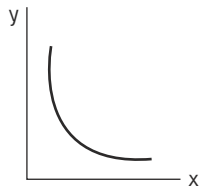
C.



E.



D.



Keterangan: sb. X = waktu, sb. Y = jumlah sel

18. Yang menyebabkan warna biru pada alga biru adalah . . .

- A. fikosianin
- B. fikoeritrin
- C. fukoxantin
- D. fikobilin
- E. fitoklorofil

19. Mana di antara alga biru berikut ini yang menghasilkan nitrat dan hidup bersimbiosis?
- | | |
|---------------|---------------|
| A. Nostoc | D. Polycistis |
| B. Rivularia | E. Anabaena |
| C. Gloeocapsa | |
20. Jenis alga biru mana yang diproduksi sebagai protein sel tunggal (PST)?
- | | |
|-----------------|----------------|
| A. Oscillatoria | D. Spirullina |
| B. Gloeocapsa | E. Chroococcus |
| C. Tolypothrix | |
21. Apa yang disebut kapsid pada virus?
- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| A. Materi genetik | D. Protein pelindung |
| B. Lipid dari sel inang | E. Protein struktural |
| C. Protein fungsional | |
22. Apa yang merupakan materi genetik yang terkandung dalam virus?
- | | |
|--------|----------------|
| A. Gen | D. DNA dan RNA |
| B. DNA | E. kromosom |
| C. RNA | |
23. Apa yang dimaksud dengan heterokista pada alga biru?
- Bagian dari filamen yang membentuk individu baru.
 - Sel khusus yang mengandung enzim nitrogenase.
 - Sel-sel kelamin.
 - Spora yang berdinding tebal.
 - Sel-sel yang mengandung klorofil.
24. Zat yang menyusun dinding sel alga biru adalah
- | | |
|------------------|----------------|
| A. karbohidrat | D. kitin |
| B. protein | E. lipoprotein |
| C. peptidoglikan | |
25. Bakteri yang paling banyak digunakan dalam rekayasa genetika adalah
- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| A. Rhizobium | D. Clostridium tetani |
| B. Pseudomonas seruginosa | E. Escherichia coli |
| C. Bacillus subtilis | |

26. Kelompok mana yang merupakan ciri kingdom Protista?
- Selnya prokariotik, uniseluler, berkembang biak secara seksual.
 - Selnya prokariotik, multiseluler, berkembang biak secara aseksual.
 - Selnya eukariotik, uniseluler, berkembang biak secara seksual.
 - Selnya eukariotik, uniseluler, berkembang biak secara seksual dan aseksual.
 - Selnya eukariotik, multiseluler, berkembang biak secara seksual dan aseksual.
27. Di antara kelompok protozoa berikut ini, yang semua anggotanya berperan sebagai parasit adalah . . .
- sporozoa
 - ameba
 - sarcodina
 - mastigophora
 - siliata
28. Di antara organisme berikut, mana yang tidak termasuk Protista?
- Diatomae
 - Euglena
 - Paramecium
 - Plasmodium
 - Gelidium
29. Ciri-ciri berikut merupakan ciri Euglena, **kecuali** . . .
- mempunyai klorofil
 - tidak mempunyai dinding sel
 - mempunyai bintik mata
 - mempunyai flagel
 - dapat bergerak bebas
30. Di mana reproduksi aseksual Plasmodium berlangsung dalam tubuh manusia?
- Trombosit
 - Leukosit
 - Eritrosit
 - Plasma darah
 - Pembuluh darah
31. Di antara organisme berikut ini, manakah yang salah dipasangkan dengan penjelasannya?
- Dinoflagellata – plankton yang hidup di laut; gerakan berputar dinding yang khas.
 - Chrysophyta– alga keemasan, dominan xantofil; plankton air tawar berflagel.
 - Basilariophyta – diatom; dua belah cangkang yang terbuat dari silika.
 - Phaeophyta – alga coklat multiseluler, rumput laut.
 - Rhodophyta – menyebabkan pasang merah

32. Di antara karakteristik berikut ini manakah yang dimiliki bersama oleh semua jamur?
- A. Simbiotik
B. Berflagel
C. Saprobitik
D. Heterotropik
E. Patogenik
33. Di antara struktur berikut ini, yang berkaitan dengan reproduksi aseksual pada fungi adalah
- A. askospora
B. basidiospora
C. konidia
D. zigospora
E. askogonia
34. Ciri yang membedakan bakteri dengan jamur, yaitu
- A. memiliki membran sel
B. memiliki dinding sel
C. hidup sebagai saprofit
D. tidak memiliki membran sel
E. tidak memiliki klorofil
35. Hubungan yang benar antara jenis jamur dan manfaatnya, yaitu

No.	Jamur	Manfaat
A.	<i>Aspergillus flavus</i>	Menghasilkan penisilin
B.	<i>Penicillium camemberti</i>	Membuat keju
C.	<i>Penicillium notatum</i>	Membuat roti
D.	<i>Saccharomyces cereviceae</i>	Membuat kecap
E.	<i>Monilia sitophyla</i>	Membuat tempe

36. Sporangia pada hifa yang berdiri, yang menghasilkan spora seksual, merupakan karakteristik
- A. Askomikotina
B. Basidiomikotina
C. Askokarpus
D. Zigomikotina
E. Lichen
37. Di antara pernyataan mengenai zigomikotina berikut ini, yang benar adalah
- A. meiosis berlangsung tepat sebelum kariogami
B. ada hifa haploid
C. ada hifa diploid
D. hifa secara eksklusif memiliki septa
E. reproduksi seksual tidak pernah diamati

38. Manakah di antara pernyataan tentang basidiomikotina berikut ini yang benar?
- A. Hifa menyatu menjadi miselium dikariotik.
 - B. Spora tersusun dalam kantung setelah spora dibentuk melalui meiosis.
 - C. Sebagian besar spora terbentuk secara aseksual.
 - D. Basidiomisetes adalah sumber antibiotik yang paling penting secara komersial.
 - E. Basidiomisetes tidak memiliki tahapan seksual yang diketahui.
39. Simbion fotosintetik lichen paling umum adalah . . .
- A. lumut daun
 - B. alga hijau
 - C. alga merah
 - D. askomisetes
 - E. tumbuhan vaskuler kecil
40. Cara mana yang dilakukan jamur untuk mencari makan?
- A. Menggunakan sinar matahari untuk membuat makanan.
 - B. Menguraikan makanan dengan bantuan enzim.
 - C. Menggunakan CO₂ untuk membuat makanan
 - D. Mengambil makanan dari lingkungan.
 - E. Melakukan oksidasi dengan makanan.

B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Mengapa virus sering dikatakan sebagai bentuk peralihan dari benda mati ke makhluk hidup?
2. Mengapa orang yang menderita tetanus ditempatkan pada ruangan yang aerasinya baik dan kadar oksigennya tinggi?
3. Jelaskan beberapa contoh alga biru yang menguntungkan!
4. Banyak fungi yang menghasilkan antibiotik, seperti penisilin yang sangat berharga dalam bidang kedokteran dan kesehatan. Keuntungan apa bagi fungi itu sendiri dengan menghasilkan antibiotika tersebut?
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan mikoriza!

Bab VI

Keanekaragaman Hayati di Indonesia



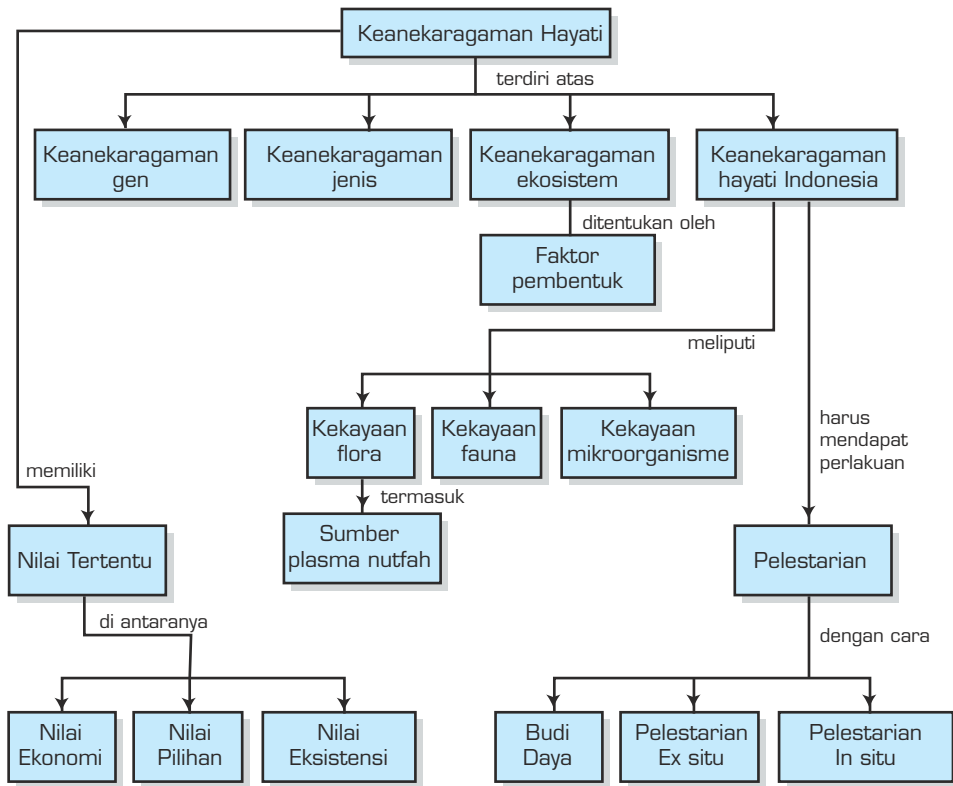
Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. membandingkan ciri keanekaragaman hayati pada tingkat gen, jenis, dan ekosistem;
2. menunjukkan keanekaragaman hayati Indonesia;
3. menunjukkan keunikan biodiversitas Indonesia;
4. menjelaskan tumbuhan dan hewan khas di Indonesia yang memiliki nilai tertentu;
5. menunjukkan ancaman terhadap biodiversitas;
6. menjelaskan upaya pelestarian keanekaragaman hayati di Indonesia;
7. Menjelaskan pemanfaatan sumber daya alam.

PETA KONSEP



Suatu hari Puspita, gadis yang sangat menyenangi binatang berjalan-jalan ke pasar tradisional dan ke **petshop** di toserba. Di kedua tempat tersebut dia melihat-lihat berbagai jenis hewan dalam sangkar kecil, yang sedang dijajakan. Selain anjing, kucing, burung, kelinci, dan kura-kura yang sudah dia kenal, kini didapatinya pula hewan-hewan yang belum dia lihat secara langsung, misalnya **oposum**, burung hantu, kelelawar, dan ayam mutiara. Semakin hari, jenis hewan yang ditawarkan semakin beragam. Puspita bertanya-tanya, dari mana asalnya hewan-hewan tadi?

Tentunya hewan tersebut diambil dari habitatnya di hutan-hutan kawasan Indonesia. Mereka terpaksa menjalani kehidupan baru di sangkar yang sempit, mengekang kebebasannya. Mereka harus siap dijual kepada siapa pun yang belum tentu dapat memeliharanya dengan baik. Dikhawatirkan pula hewan-hewan tersebut dibeli oleh orang-orang asing, turis yang akan membawa mereka ke luar Indonesia.

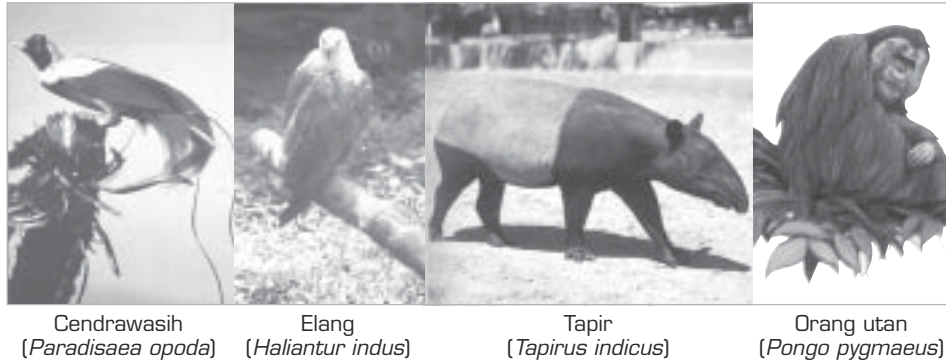
Hewan yang dijual biasanya masih muda, belum dapat melakukan reproduksi. Jika setiap anak hewan dieksplorasi demikian, dapat dipastikan telah terjadi eksplorasi aset kekayaan Indonesia. Salah satu kekayaan hayati Indonesia digero-goti sedikit demi sedikit oleh orang-orang yang kurang memerhatikan kelestarian satwa. Lambat laun, maraknya perdagangan satwa di pasar-pasar tersebut mengancam kelestarian satwa dan akan mengurangi perbendaharaan diversitas fauna Indonesia.

Keanekaragaman hayati dapat diartikan sebagai keanekaragaman makhluk hidup di berbagai kawasan di muka bumi, baik di daratan, lautan, maupun tempat lainnya. Keanekaragaman makhluk hidup ini merupakan kekayaan bumi yang meliputi hewan, tumbuhan, mikroorganisme dan semua gen yang terkandung di dalamnya, serta ekosistem yang dibangunnya.

Pentingkah keanekaragaman hayati untuk kita pelajari? Tentu saja. Bukan sekadar untuk mengetahui bahwa spesies di muka bumi ini banyak ragamnya. Lebih penting lagi kita memahami peranan setiap spesies bagi kelangsungan kehidupan bumi itu sendiri, dan bagi kelangsungan makhluk lainnya. Kita dapat merasakan manfaat langsung keanekaragaman hayati melalui perbandingan lingkungan yang baik dan lingkungan yang rusak.

Sebagai warga Indonesia, kita harus memiliki kepedulian tersendiri terhadap keanekaragaman hayati karena negeri kita dijuluki gudang botani dunia dan negara **megabiodiversity**. Namun, perhatian kita terhadap kekayaan ini sangat kurang sehingga banyak jenis makhluk hidup mengalami kepunahan, menjadi langka, atau diakui secara hak paten atas temuan spesies baru oleh orang-orang asing. Padahal, apabila bangsa Indonesia terus mengeksplorasi kandungan flora, fauna, dan mikroorganisme yang ada, masih banyak kesempatan mengidentifikasi dan membuat hak paten hasil temuan atas nama sendiri. Masih sekitar 90% keanekaragaman hayati di Indonesia belum teridentifikasi.

Berdasarkan uraian tersebut, mari kita pelajari tentang keanekaragaman, bagaimana peranannya bagi kehidupan, bagaimana mempelajari jenis-jenisnya, tata namanya, dan pengelompokannya. Dengan demikian, kita memperoleh kesempatan melestarikan hewan dan tumbuhan yang mulai langka, seperti pada Gambar 6.1 berikut.



Sumber: *Margasatwa*, Indonesian Heritage

Gambar 6.1 Hewan-hewan langka

A. Tingkat Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati menunjukkan terdapatnya berbagai macam variasi bentuk, penampilan, jumlah, dan sifat lain yang terlihat pada berbagai tingkatan persekutuan makhluk, yaitu keanekaragaman gen, jenis, dan keanekaragaman ekosistem.

1. Keanekaragaman Gen

Gen adalah zat kimia dalam tubuh semua makhluk hidup yang berfungsi sebagai pengatur sifat-sifat tubuh. Setiap gen bersifat unik, yaitu hanya mengatur munculnya satu sifat. Dengan demikian, dalam tubuh setiap organisme terdapat banyak gen, sejumlah sifat yang dimiliki. Sebagai gambaran, coba amati tangan kita. Berapa sifat yang dapat kita lihat pada tangan? **Jumlah jari, panjang jari, warna kulit, ada atau tidak ada kuku, bentuk kuku**, dan banyak lagi. Betapa banyak macam gen dalam tubuh kita.

Manusia merupakan salah satu jenis makhluk hidup. Jumlah manusia mencapai 5 miliar orang dipastikan memiliki gen yang tidak sama, meskipun serupa. Peribahasa “tak ada manusia yang sama meskipun kembar” tampaknya terbukti dan menjadi bukti bahwa gen itu unik, tidak ada dua gen yang sama meskipun pada manusia kembar.

KEGIATAN 6.1

Mengamati Keanekaragaman Gen

Lakukan pengamatan berikut ini.

- 1) Sediakan petai, 1 kacang tanah, 1 kacang merah, atau 1 bonggol jagung
- 2) Kupas petai atau kacang hingga bijinya terkumpul. Pipil biji jagung, kumpulkan.
- 3) Buat catatan tentang ukuran, warna dan sifat-sifat lainnya dari semua biji petai/kacang tanah/kacang merah/jagung. Apakah semua biji memiliki sifat yang sama persis?

Perbedaan yang kita dapatkan pada biji-biji petai satu batang menandakan adanya keanekaragaman gen pada individu satu keturunan. Demikian pula keanekaragaman gen pada kacang tanah, kacang merah, dan jagung. Contoh pada berat biji, tentu setiap biji memiliki berat yang berbeda. Apabila perbedaan semakin banyak, biasanya tampak oleh kita. Jika perbedaan itu sangat ekstrem, kita sering menyebut adanya perbedaan ras. Misalnya, pada jenis manusia kita mengenal adanya ras mongoloid, ras negroid, ras kaukasoid, ras australoid, dan ras kapoid (perhatikan Gambar 6.2)



Ras Australoid



Ras Kapoid



Ras Kaukasoid



Ras Negroid



Ras Mongoloid

Sumber: *Evolusi*, Pustaka alam life

Gambar 6.2 Ras manusia

2. Keanekaragaman Jenis

Selama kita hidup, berapa jenis tumbuhan dan hewan yang sudah kita kenal? Bagaimana mengenal dan membedakan hewan-hewan atau tumbuhan yang mirip? Marilah kita perhatikan kelompok kuda dan kelompok keledai. Selintas kedua kelompok ini serupa. Namun, jika diamati dan dipelajari lebih dekat, di antara kedua kelompok tersebut terdapat perbedaan. Perbedaan dapat kita lihat dari ukuran badannya, panjang telinganya, dan panjang ekornya. Ada satu hal penting yang menjadi petunjuk bahwa dua makhluk berbeda jenisnya, yaitu jika mereka dikawinkan, tidak ada keturunan yang terbentuk, atau jika keturunan terbentuk, seluruh keturunan mandul. Oleh karena itu, dikatakan bahwa kuda berbeda "jenis" dengan keledai. Istilah jenis di dalam biologi disebut "spesies".

Kini dunia memiliki kira-kira 33,5 juta spesies tumbuhan dan hewan, 30 juta spesies adalah serangga. yang sudah teridentifikasi sekitar 800.000 spesies (Dida Hamidah, M.Si : 2003). Untuk memahami apakah sekelompok makhluk hidup itu sejenis atau satu spesies, amatilah, jika mereka saling disilangkan menghasilkan keturunan atau tidak? Apakah keturunannya steril atau fertil? Untuk lebih memahami lakukanlah Kegiatan 6.2 berikut.

KEGIATAN 6.2

Mengamati Perbedaan pada Beberapa Jenis Sapi

Pelajari perbedaan-perbedaan yang terdapat pada macam-macam sapi dalam gambar berikut!



Frisian Holstein (FH)



Brahman



Simmental



Limousine



Brangus



Kerbau Murrah

Sumber: Leaflet dari Balai Inseminasi Buatan, Lembang Bandung.

Pertanyaan

1. Sebutkan ciri-ciri yang dapat membedakan macam-macam sapi tersebut (penampilan, ukuran, warna rambut/bulu, dan sebagainya)!
2. Apa yang membedakan adanya keanekaragaman dalam jenis sapi?

Keanekaragaman dalam satu jenis (spesies) seperti tampak pada jenis sapi disebut **variasi**. Variasi dalam jenis disebabkan oleh adanya perbedaan faktor-faktor pengatur sifat (gen) yang terdapat pada individu.

2. Keanekaragaman Ekosistem

Setiap jenis makhluk hidup dalam lingkungannya akan melakukan interaksi dengan komponen-komponen lainnya. Interaksi melibatkan faktor fisik dan faktor kimia. Faktor fisik meliputi udara, tanah, suhu, air, cahaya, iklim, dan kelembapan. Faktor kimia meliputi keasaman, salinitas, dan komponen mineral. Faktor fisik dan faktor kimia itu dalam pembentukan sebuah lingkungan disebut sebagai komponen abiotik, sedangkan aneka jenis makhluk hidup yang membentuk interaksi di dalamnya disebut faktor biotik. Secara keseluruhan di dalam ekosistem terjadi aliran energi. Semua proses dilakukan oleh komponen biotik dalam bentuk makan dan dimakan. Dalam proses makan dan dimakan, komponen biotik terbagi menjadi kelompok produsen, konsumen, dan pengurai. Namun, ditinjau dari fungsinya komponen biotik dibagi menjadi dua komponen, yaitu komponen autotrof dan heterotrof.

Komponen autotrof terdiri atas organisme yang mampu menyediakan makanannya sendiri dalam bentuk bahan organik. Bahan organik terbentuk melalui fotosintesis. Komponen heterotrof terdiri atas organisme yang tidak mampu menyediakan makanannya sendiri, dan hanya mampu memanfaatkan bahan organik hasil fotosintesis sebagai makanannya.

Setiap komponen dalam ekosistem diciptakan oleh Sang Pencipta dalam keadaan seimbang yang jumlah perbandingannya menurut ukuran tertentu. Jenis komponen dan pola interaksi dipengaruhi oleh macam dan sifat komponen biotiknya. Karena komponen abiotik di setiap wilayah di bumi beraneka ragam, ekosistem pun beraneka ragam.

Contoh beranekaragamnya ekosistem, di antaranya ekosistem pantai yang didominasi pohon kelapa, ekosistem sawah dengan padinya, ekosistem padang rumput, ekosistem laut, ekosistem sungai, ekosistem danau, ekosistem hutan tropis, dan ekosistem hutan gugur.

3. Keistimewaan Hutan Hujan Tropis

Hutan hujan tropis menjadi pusat perhatian karena terletak di negara kita. Dengan ciri-ciri fisik yang telah dijelaskan di depan, hutan hujan tropis memiliki keistimewaan sebagai sumber plasma nutfah, yaitu gen atau bibit asli yang tersedia di alam liar dan belum dibudidayakan atau direkayasa. Banyak hewan dan tumbuhan endemik di hutan hujan tropis yang menyebabkan Indonesia dikenal memiliki keanekaragaman hayati paling tinggi di dunia. Meskipun demikian, tanah di hutan hujan tropis sangat rapuh. Banyaknya tumbuhan berkanopi lebar menyebabkan tanah menerima unsur hara dari guguran daun. Ketika pohon ditebang, tanah kehilangan unsur hara karena tidak menerima guguran daun. Rاپuhnya tanah di hutan hujan tropis diperparah dengan berlangsungnya **illegal logging** dan kebakaran hutan.

B. Keanekaragaman Hayati Indonesia

Kepulauan Indonesia terletak di dalam sabuk ekuator dan terdiri atas tujuh belas ribu pulau. Negara kita memiliki sumber keanekaragaman hayati (biodiversity) yang paling lengkap, termasuk sejumlah besar spesies tumbuhan. Diperkirakan sekitar 100 – 150 genus dari tumbuhan **monoecious** dan **diecious** dengan 25.000 – 30.000 spesies terdapat di Indonesia.

Keanekaragaman hayati Indonesia dikenal sebagai yang terlengkap di dunia. Itulah sebabnya Indonesia disebut sebagai negara “Mega biodiversity” atau negara “Megadiversity”. Lihatlah data berikut, betapa kayanya negara kita, margasatwanya sangat beragam.

Tabel 6.1 Data keanekaragaman Margasatwa di Indonesia

Jenis satwa	Jumlah jenis
Siput darat	3.500
Kepiting darat dan air tawar	80
Laba-laba dan kerabatnya	1.000
Kupu-kupu	2.000

Kumbang	>100.000
Ikan air tawar	1.200 – 1.700
Amfibia	400
Kadal	300
Burung	1.519
Mamalia	515
Primata	32
Karnivora	35

Sumber: Diklat Penataran LPMP

Menurut teori stabilitas iklim, area yang memiliki stabilitas iklim yang tinggi akan memiliki diversitas yang lebih tinggi dibanding dengan area yang stabilitas iklimnya rendah, sedangkan teori Area menjelaskan bahwa area yang luas memberikan kesempatan untuk peningkatan isolasi antarpopulasi. Oleh karena itu, area yang luas dengan iklim yang serupa akan memiliki diversitas spesies yang tinggi. Menurut kedua teori tersebut, Indonesia memenuhi kriteria keduanya, yaitu memiliki iklim yang stabil dan memiliki area yang luas dengan iklim yang serupa.

1. Faktor-Faktor yang Menyebabkan Indonesia Memiliki Keanekaragaman Hayati yang Tinggi

Melalui dua teori tadi terbukti bahwa Indonesia memang gudang flora dan fauna. Banyak faktor lain yang menyebabkan Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, antara lain:

- a. merupakan negara kepulauan;
- b. memiliki unsur flora dan fauna yang berkisar dari wilayah Indomalaya sampai ke Australia;
- c. terbagi menjadi 2 zona biogeografi, yakni wilayah oriental dan wilayah Australian. Wilayah oriental meliputi Sumatra, Jawa, Bali, dan Kalimantan, sedangkan wilayah Australian meliputi seluruh pulau kawasan timur Indonesia;
- d. banyak pulau tersebar di Nusantara ini terisolasi beribu-ribu tahun sehingga tingkat endemisnya tinggi. Oleh karena itu, banyak jenis flora dan fauna yang hanya terdapat di Indonesia;
- e. sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki laut yang luas, yaitu 3.650.000 km² dengan panjang garis pantai 81.000 km, 14% dari panjang pantai bumi;

- f. karena lautnya luas, Indonesia memiliki pantai dengan hutan bakau yang terluas dan terkaya jenis flora dan faunanya, yaitu 4,25 juta ha;
- g. dengan laut yang luas, Indonesia memiliki sumber daya terumbu karang terkaya, misalnya atol, terumbu karang tepian, terumbu karang perintang (barrier), dan terumbu karang sebaran.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut di atas, dapat kita simpulkan bahwa keanekaragaman jenis hayati Indonesia sangat tinggi, karena tiap zona geografi memiliki karakter berbeda-beda, banyak pulau yang menyimpan hewan dan tumbuhan endemik, dan wilayah laut yang luas dengan biodiversitas spesifiknya. Dapat kamu bayangkan betapa beragamnya hayati Indonesia?

2. Keanekaragaman Jenis Berdasarkan Karakter Wilayah

Secara umum, Indonesia termasuk ke dalam wilayah tropika dengan kondisi tanah yang baik, basah, dan hampir tidak ada musim kering. Musim kering di daerah tropik adalah musim dengan curah hujan terendah, bukan musim tanpa hujan sama sekali. Berdasarkan perkembangan wilayah tropik, Indonesia merupakan wilayah perkembangan dari zona Malaya, dan termasuk wilayah hutan tropik basah klimaks alami. Daratan hutan tropik basah biasanya rata atau bergelombang, meluas ke bagian lereng-lereng gunung sampai ketinggian 1.000 meter atau lebih. Karakter iklim tropik dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Di beberapa daerah, hujan turun setiap siang dan malam sepanjang tahun, diselingi satu atau dua musim kering yang masing-masing lamanya tidak melebihi 3 bulan.
- b. Sering kali hujan turun selama sehari-hari atau berminggu-minggu, semuanya tertutup kabut tebal berwarna kelabu.
- c. Suhu relatif tinggi dan seragam, rata-rata tahunan normal, sekitar 25-26°C.
- d. Curah hujan pada umumnya berjumlah 200-400 cm setiap tahun, dengan beberapa tempat tertentu mungkin lebih banyak.
- e. Kelembapan nisbi cenderung tinggi, biasanya melebihi 80%.
- f. Intensitas cahaya matahari tinggi. Namun, di hutan-hutan dengan pohon yang tingginya bertingkat-tingkat, sinar matahari menjadi cahaya remang-remang dan dapat menembus lantai hutan, membentuk noda-noda cahaya, dan penting dalam pembentukan iklim mikro.
- g. Pohon-pohon memiliki tajuk pohon (kanopi) berbentuk payung, menjadi tempat yang subur bagi kehidupan serangga, katak pohon, kadal, ular, burung, tupai, monyet dan sebagainya. Banyak di antaranya yang hidup selamanya dalam kanopi, dan tidak pernah menyentuh tanah.

- h. Perubahan musiman yang teratur pada tumbuhan tidak ada. Sepanjang waktu terjadi pembungaan, dan pembentukan buah, meskipun ada kecenderungan bahwa tiap-tiap jenis mempunyai musim tertentu. Musim ini berlainan antara satu jenis dan jenis lainnya sehingga secara umum, tropika selalu berdaun dan berbuah sepanjang tahun.
- i. Banyak tumbuhan yang kuncup daunnya “tidur” (dorman), baru tumbuh dan berkembang saat tumbuhannya telah tua dan tidak berdaun lagi.

3. Keanekaragaman Tumbuhan di Hutan Tropis Basah

Tumbuhan utama penyusun hutan tropis basah di Indonesia terbagi atas tujuh kelompok, yaitu pohon-pohon hutan, terna dan semak, liana, epifit pencekik pohon, saprofit, dan parasit.

a. Pohon-Pohon Hutan

Pohon-pohon ini untuk mudahnya disebut atap atau tajuk, atau kanopi. Kanopi dibagi menjadi tiga tingkat, yaitu:

- 1) Tingkat tertinggi (A), pohon yang tertinggi yang jarak sesamanya saling berjauhan;
- 2) Tingkat kedua (B), merupakan pohon-pohon dengan tinggi yang khas, menjulang antara 15 - 30 meter.
- 3) Tingkat ketiga (C), biasanya kecil dan langsing, tinggi umumnya 5 - 15 meter.



Gambar 6.3 Bagan susunan hutan tropis basah

Sumber: *Biology*, Barret

Pohon-pohon hutan adalah tumbuhan dikotil (*Dicotyledonae*), palma yang tinggi (besar), bambu dan kadang-kadang paku tiang. Banyak pula pohon yang melakukan penggantian daun yang terjadi kapan saja setiap tahun, contohnya marga *Hevea* (kelompok karet).

b. Terna dan Semak

Ada bagian hutan yang tajuknya tidak begitu lebat. Di daerah ini cahaya dapat menembus lantai hutan, sehingga menyebabkan berkembangnya vegetasi tanah berwarna hijau yang mandiri. Contohnya, terna: paku-pakuan, paku lumut (*Selaginella* sp), dan tumbuhan berkayu; semak: tumbuhan berkayu yang agak tinggi, terna dan semak-semak pohon yang tingginya 2 - 5 meter, seperti pisang, jahe, dan beberapa jenis rumput.

c. Tumbuhan Pemanjat (Liana)

Tumbuhan pemanjat merupakan tumbuhan yang tetap hijau, tetapi tidak mandiri, bergantung pada penunjang dari luar. Tumbuhan yang memanjat atau membelit ini memberikan “hiasan” utama pada hutan. Jumlahnya banyak sehingga memberi ciri khas hutan tropika. Bentuk dan ukurannya sangat beragam. Mulai dari yang tipis sampai yang tebal. Ada yang tenggelam di balik dedaunan atau bergantung membentuk simpul tali raksasa. Ada yang bercabang, ada pula yang tidak bercabang. Ada yang pendek, ada yang panjangnya sampai 200 meter memanjat satu pohon, turun ke tanah dan memanjat pohon berikutnya.

Liana biasanya tumbuh di bagian pinggir hutan, misalnya di sepanjang tepi sungai, dan melimpah di tempat-tempat yang hutannya sudah mengalami gangguan. Liana yang besar-besar tergolong dalam Dikotil, meskipun yang dominan adalah rotan (palma yang memanjat).

d. Epifit

Epifit adalah tumbuhan yang tumbuh melekat pada batang, cabang, daun-daun pohon, semak, dan liana. Secara umum epifit tidak mengganggu inang yang menunjangnya. Epifit memainkan peran yang penting dalam ekosistem sebagai habitat untuk hewan. Keanekaragamannya cukup besar meliputi tumbuhan berspora dan tumbuhan berbunga termasuk beberapa semak. Epifit membedakan hutan tropika basah dengan hutan subtropika.

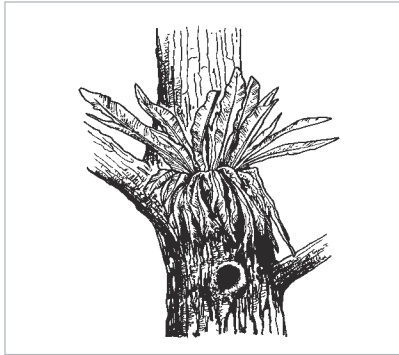
Epifit dapat dibedakan dalam tiga tipe utama, yaitu:

- 1) Epifit yang bersifat ekstrem xerofit, hidup pada bagian paling ujung cabang-cabang dan ranting-ranting pohon yang lebih besar.
- 2) Epifit matahari, biasanya bersifat xeromor, hidup di bagian tengah tajuk inangnya, contohnya *Bilbergia* sp, pohon-pohon lapisan C, atau pada batang liana yang lebih besar. Contohnya, tumbuhan paku.

e. Pencekik Pohon

Tumbuhan ini awalnya adalah epifit, tetapi akarnya turun ke tanah, sehingga dapat hidup sendiri dan membunuh inangnya. Contohnya *Ficus* sp (sejenis karet atau beringin). Biji pencekik pohon biasanya berkecambah di atas batang inang.

f. Saprofita

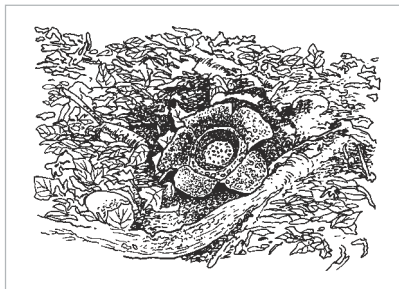


Sumber: Indonesian Heritage, *Plant*

Saprofita bersama parasit-parasit merupakan tumbuhan anggota heterotrof yang tidak berhijau daun. Saprofita mendapatkan zat haranya dari bahan organik yang mati. Mayoritas saprofit yang besar terdiri atas jamur. Saprofit lainnya, yaitu bakteri.

Gambar 6.4 Paku sarang burung (*Asplenium nidus*) adalah epifit yang tumbuh di atas pohon

g. Parasit



Sumber: Indonesian Heritage, *Plant*

Gambar 6.5 *Rafflesia manillana*, kerabat *Rafflesia arnoldi*

Parasit terdiri atas dua kelompok, yaitu parasit akar dan hemiparasit (setengah parasit). Parasit akar tumbuh di atas tanah, sedangkan hemiparasit tumbuh sebagai benalu. Parasit akar jumlahnya sedikit, tetapi sangat menarik perhatian, contohnya tumbuhan *Rafflesia manillana*, parasit pada akar liana *Cissus* (lihat Gambar 6.5). *Rafflesia* didapati di hutan Kalimantan, Sumatra, dan Jawa.

Hemiparasit jumlahnya banyak, semuanya tergolong ke dalam suku benalu (*Loranthaceae*). Jumlahnya melimpah, dan dapat dijumpai di seluruh wilayah hutan tropika basah. Contohnya seperti pada Gambar 6.6. Benalu merupakan semak-semak berkayu, terdapat pada cabang dan ranting pohon yang lebih tinggi.



Sumber: Indonesian Heritage, *Plant*

Gambar 6.6
Hemiparasit, benalu *Viscum orientale* yang akarnya merupakan alat pengisap tunggal (haustorium)

Keragaman tumbuhan tropik basah ditambah pula dengan adanya tumbuhan yang hidup di hutan tropik musiman. Keistimewaan wilayah tropika, yaitu adanya wilayah-wilayah yang iklimnya sedikit

ekstrem. Dengan demikian, vegetasi yang tumbuh memiliki karakter yang berbeda dengan tumbuhan di hutan basah. Daerah ekstrem itu adalah hutan musim, lahan hutan sabana, dan lahan hutan berduri.

4. Keanekaragaman Tumbuhan di Hutan Musim

Hutan musim, yaitu daerah yang musim hujannya diselingi masa kekeringan yang nyata, berlangsung selama 4 - 6 bulan, biasanya disertai angin kencang. Vegetasinya tidak begitu lebat, pohon-pohon penyusunnya lebih berjauhan, dan dalam musim kering kebanyakan pohon menggugurkan daunnya. Musim kering ini sering kali merupakan musim berbunga. Tinggi pohon rata-rata 12 meter, paling tinggi 35 meter. Daun-daun tipis dan lebar, contohnya jati (*Tectona grandis*). Contoh lain dari tumbuhan hutan musim adalah tumbuhan berumbi lapis, jenis-jenis terua dan semak. Ada sekitar 40 atau 50 jenis tanaman penyusun hutan pada satu jalur saja.

5. Keanekaragaman di Lahan Hutan Sabana (Padang Rumput Sabana)

Daerah ini memiliki masa tanpa hujan jauh lebih panjang dan curah hujan tahunannya lebih rendah daripada hutan tertutup. Vegetasinya bersifat terbuka dan tampak seperti taman, banyak terdapat terua darat, misalnya rumput, sangat miskin liana dan epifit. Pohon-pohonnya agak kerdil, kurang dari 20 meter. Kadang-kadang kalah tinggi oleh rumput-rumput yang tinggi selama musim hujan. Di padang sabana, tumbuhan yang banyak ditemukan bersifat **xerofit**, suatu adaptasi terhadap kekeringan.

Tugas 6.1

Kunjungi kebun raya, Balai penelitian tanaman atau balai penelitian dan pengembangan kultur jaringan. Kamu dapat memperoleh bibit tanaman langka yang kelestariannya sudah terancam. Tanam bibit yang kamu peroleh di areal khusus “tanaman langka” di sekolah. Dengan cara ini, kamu melakukan dua hal: melestarikan tanaman dan melestarikan keanekaragaman.

C. Keunikan Biodiversitas Indonesia

Pada tahun 1858, Alfred Wallace Russel mengenal pola perbedaan antarsatwa pulau di Indonesia. Wallace berpendapat bahwa Kalimantan bersama dengan Jawa dan Sumatra pernah menjadi bagian Asia, sedangkan Timor, Maluku, Nugini, dan mungkin Sulawesi pernah menjadi bagian Pasifik-Australia. Wallace pun melihat satwa di Sulawesi sangat khas seolah-olah gabungan satwa Asia dan Pasifik-Australia. Menurut Wallace pula, pembentukan pulau Sulawesi sangat spesifik dan sedikit rumit, tetapi lebih banyak wujud Asia. Wallace menetapkan dua wilayah utama dengan menggambar garis batas di sebelah timur Kalimantan dan Bali, memisahkan satwa bagian barat dan timur Indonesia.

Sebelum Wallace menentukan garis batas wilayah persebaran satwa, Lydeker menentukan batas barat satwa Australia hampir sama dengan batas timur satwa khas Asia garis Wallace. Selain itu, Weber menentukan batas keseimbangan satwa, perbandingan antara hewan Asia dan Australia 50 : 50. Wilayah di antara garis Wallace dan Lydeker sering dianggap sebagai daerah peralihan, dengan ciri jenis satwanya endemi dan penyebarannya tidak merata.



Sumber: Margasatwa, Indonesian Heritage

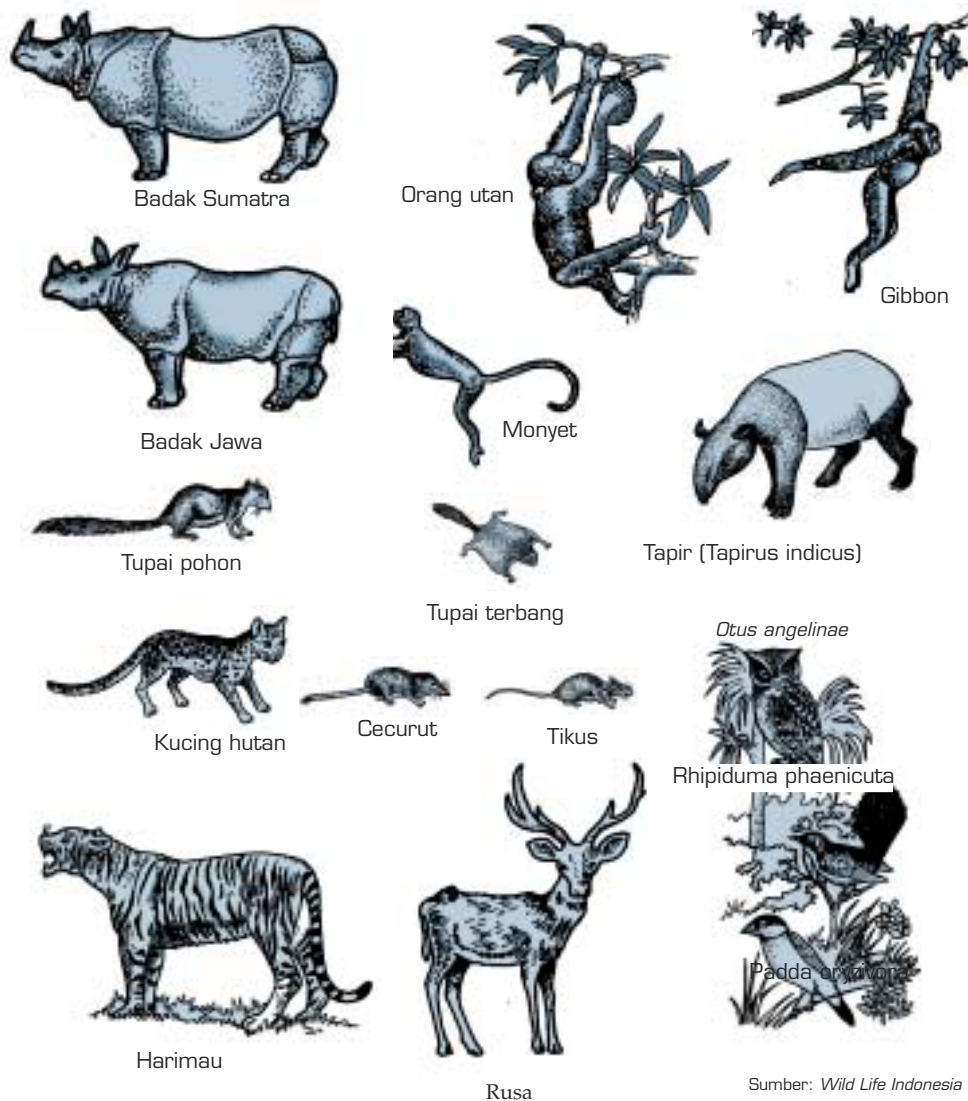
Gambar 6.7 Kawasan Geografi Satwa Indonesia

Fosil-fosil hewan yang ditemukan di pulau-pulau Indonesia menunjukkan bahwa pernah ada daratan Gondwana. Sebagai Contoh di laut Sulawesi hidup ikan paru yang diberi nama *Coelacanth* yang telah diketahui awalnya berasal dari Laut Madagaskar, Afrika. Di Afrika orang hanya menemukan fosilnya, di Indonesia malah bertahan hingga kini. Contoh lain, di wilayah Oriental terdapat gajah, di Sulawesi sebagai bagian dari wilayah Australian ditemukan fosil gajah. Tapir dapat kita temukan di Sumatra (Oriental) dan Amerika Selatan (Neotropik). Komposisi margasatwa di Kepulauan Indonesia sangat luar biasa. Terdapat lebih dari 2.600 jenis burung dunia, 27% dari keseluruhan burung yang dikenal, 411 jenisnya terdapat di Indonesia. Terdapat 24 daerah burung endemik di Indonesia (11% dari yang ada di dunia). Perhatikan Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Data kekayaan margasatwa dan flora Indonesia tahun 1988

Jenis satwa (Kelompok satwa)	Jumlah jenis	Peringkat di dunia
Mamalia	515	1
Kupu-kupu ekor burung	121	1
Reptil	>600	3
Burung	1.519	4
Amfibi	270	5
Tumbuhan berbunga	2.5000	7

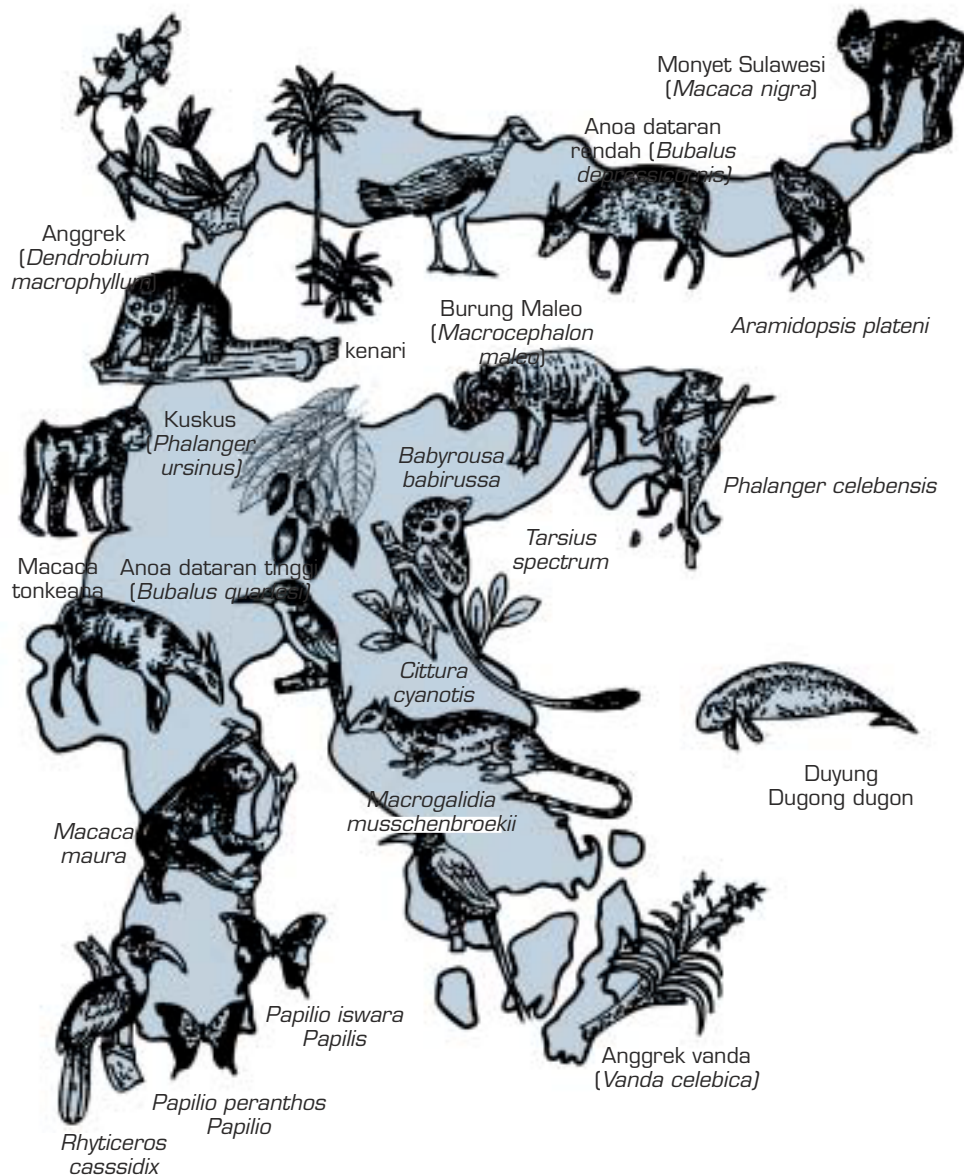
Demikian pula dengan kekayaan flora Indonesia. Kekayaan jenis hutan Indonesia diperkirakan mengandung palem terbanyak di dunia (lebih dari 400 jenis yang bernilai komersial) dan sekitar 25.000 jenis tumbuhan berbunga.



Gambar 6.8 Berbagai jenis fauna yang hidup di wilayah oriental (Ukuran hewan tidak menjadi acuan proporsional).

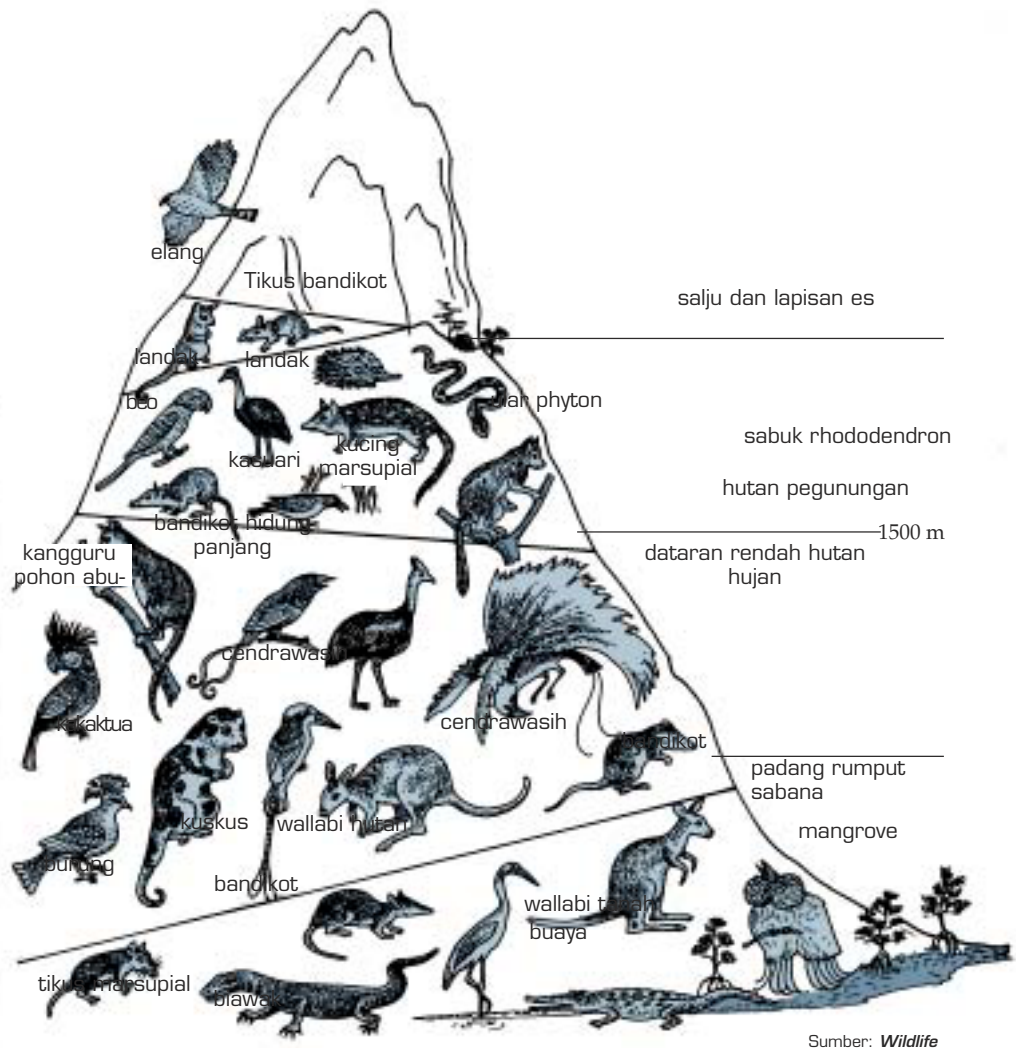
Hewan yang ada di Indonesia Bagian Barat, di antaranya keluarga gibbon (termasuk siamang), keluarga kera, keluarga orang utan, keluarga tarsius, rusa, tikus, muncak, badak Ujung Kulon, badak Sumatra, gajah, kelompok burung (di antaranya ayam piaraan, ayam mutiara, ayam hutan dan berbagai jenis burung), binturong, harimau Sumatra, kucing hutan, tapir, banteng, babi, dan macan tutul (Gambar 6. 8).

Hewan-hewan Indonesia Timur yang termasuk Australia meliputi contoh-contoh, seperti monyet Sulawesi, burung Maleo, kuskus, dan cendrawasih seperti yang dapat kamu lihat pada Gambar 6.9a dan 6.9b. Meskipun duyung terdapat di pantai-pantai lain di Indonesia, duyung juga terdapat di wilayah Indonesia Timur.



Sumber: *Wildlife*

Gambar 6.9a Flora dan fauna di wilayah australian bagian timur (Sulawesi) (Ukuran hewan tidak menjadi acuan proporsional).



Gambar 6.9b Flora dan Fauna di wilayah Australia (Papua) (Ukuran hewan tidak menjadi acuan proporsional).

D. Biodiversitas Perairan Indonesia

Negara Indonesia meliputi daratan dan perairan yang sangat luas. Perairan Indonesia memiliki keragaman hewan dan tumbuhan yang menambah kekayaan biodiversity Indonesia. Perairan Indonesia, di antaranya hutan mangrove dan terumbu karang.

1. Hutan Mangrove

Hutan mangrove dikenal dengan nama Indonesia; hutan bakau. Hutan bakau hanya terdapat di pantai-pantai daerah tropis dan subtropis. Seluruh komunitas hutan bakau dapat hidup di lingkungan berair payau sampai asin (halofit). Kadar salinitas payau 2-22 ppm, sedangkan air asin salinitasnya sampai 38 ppm. Bila kita ke pantai, tidak asing lagi melihat pemandangan seperti pada Gambar 6.10.

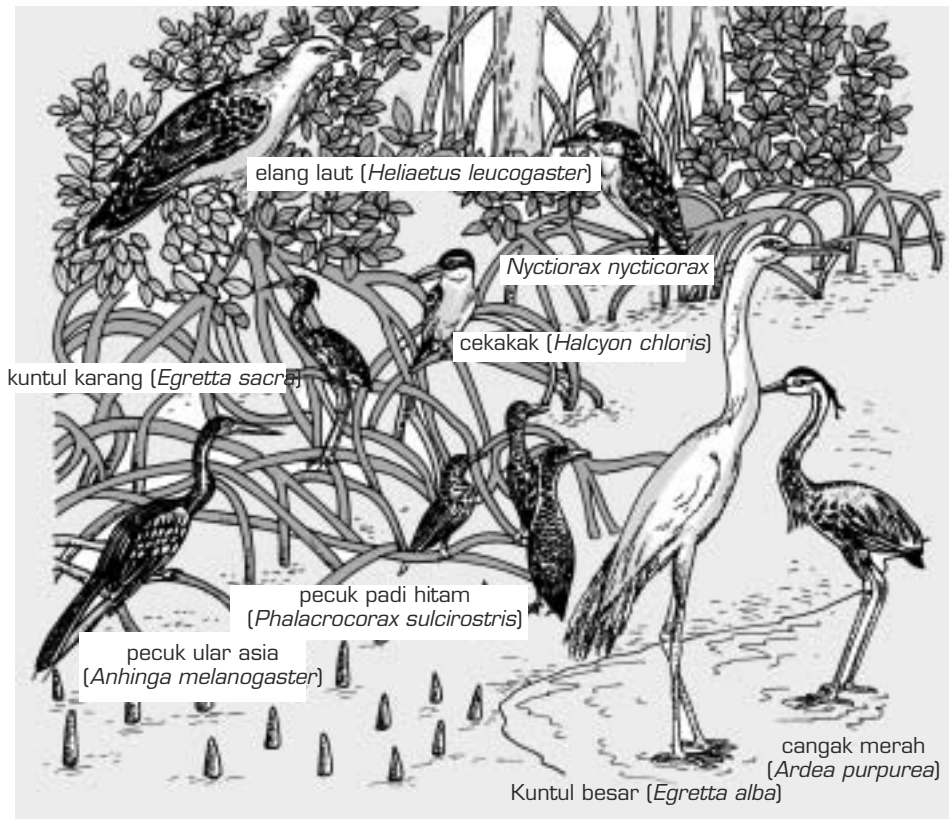
Hutan bakau merupakan ekosistem yang memiliki kekayaan spesies yang tinggi, yang pernah tercatat di Indonesia memiliki 89 spesies pohon, 5 palem, 19 liana, 44 herba tanah, 44 epifit, dan 1 sikas. Di antara semuanya, hanya 47 macam yang benar-benar spesifik tumbuhan hutan bakau. Keanekaragaman fauna di hutan bakau juga cukup tinggi, terdiri atas hewan akuatik, seperti ikan, udang, kepiting, dan kerang. Serta hewan terestrial, seperti insekta, ular, monyet, burung, babi liar, kelelawar, dan bekantan.



Sumber: *Biological Science an ecological approach*

Gambar 6.10 Mangrove (hutan bakau)

Indonesia memiliki kawasan hutan bakau terluas di dunia, tetapi saat ini luas tersebut telah menyusut akibat dibangunnya pertambakan, lahan pertanian dan pemukiman. Padahal hutan bakau berperan sebagai penyangga ekosistem laut maupun daratan. Secara fisik hutan bakau berfungsi menjaga garis pantai, mempercepat pembentukan lahan baru, pelindung terhadap gelombang dan arus, pelindung tepi sungai atau pantai, mendaur ulang unsur penting seperti nitrogen dan sulfur, sedangkan secara biologis, hutan bakau berfungsi sebagai tempat asuhan dan berkembang biak bagi berbagai spesies ikan, udang, dan binatang lainnya, tempat berlindung bagi sejumlah besar spesies burung. Hutan bakau juga berperan dalam akuakultur, rekreasi, kolam garam, dan penghasil kayu.



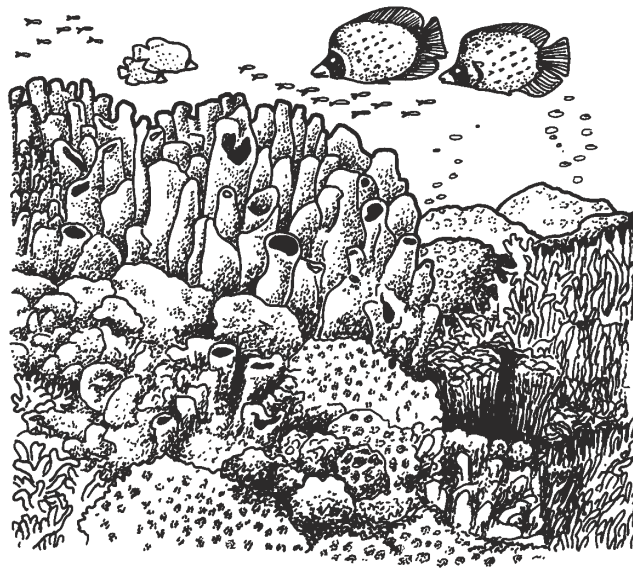
Sumber: *Biological Science an ecological approach*

Gambar 6.11 Sebagian jenis burung pantai

2. Terumbu Karang

Terumbu karang di kenal pula dengan istilah koral. Pemandangannya sangat spesifik dan menyenangkan (lihat Gambar 6.12) di Indonesia merupakan terumbu karang terluas di daerah tropis dengan keanekaragaman flora dan faunanya. Terumbu karang Indonesia dihuni oleh ± 2.000 jenis ikan. Terumbu karang terdapat di perairan tropis dan subtropis yang dangkal, dapat ditembus cahaya matahari sampai dasar sehingga perairan hangat dan jernih. Seluruh jenis alga yang hidup pada terumbu karang dapat melakukan fotosintesis.

Terumbu karang merupakan ekosistem laut yang paling produktif. Di Indonesia, terumbu karangnya memiliki sekitar 350 spesies karang keras, kerangka hewan karang berfungsi sebagai tempat berlindung atau menempelnya biota laut lainnya, seperti udang-udangan (*crustaceae*), *molusca*, *anemon*, *tunikata*, dan *biota lainnya* seperti ikan dan cumi-cumi. Terumbu karang juga dihuni oleh *echinodermata* dan *coelenterata*.



terumbu karang

Sumber: *Biological Science an ecological approach*

Gambar 6.12 Terumbu karang

E. Biodiversitas Indonesia dengan Nilai Tertentu

Sebagai gudang keanekaragaman hayati, Indonesia banyak disorot oleh berbagai kalangan yang berkepentingan dengan flora dan fauna Indonesia, terutama yang bersifat endemik. Pada dasarnya, semua hayati di dunia ini memiliki nilai tertentu, yaitu nilai ekonomi langsung dan nilai ekonomi tidak langsung.

1. Nilai Ekonomi Langsung

Nilai ekonomi langsung dapat diamati dari kegiatan suatu masyarakat yang memanen dan memanfaatkan hayati secara langsung, misalnya ada hewan yang bertindak sebagai pemangsa alami hama. Burung pemangsa, burung hantu, dan ular sanca mengendalikan hama tikus di daerah yang ditanami.

Nilai ekonomi langsung meliputi nilai kegunaan konsumtif dan nilai kegunaan produktif. Nilai kegunaan Konsumtif diberikan untuk hayati yang dikonsumsi masyarakat lokal yang tidak terlihat di pasar nasional maupun internasional. Hayati yang dikonsumsi sesuai dengan kebutuhan masyarakat tradisional di negara berkembang, yaitu untuk kayu bakar, sayur-sayuran, buah-buahan, daging, obatan-obatan, tali-temali, dan bahan bangunan.

Nilai kegunaan produktif, yaitu nilai untuk hayati yang diambil di alam, dan dijual ke pasar pada tingkat nasional maupun internasional. Produk dinilai dengan metode ekonomi standar. Hayati dengan nilai kegunaan produktif digunakan untuk bahan baku obat, bahan bangunan, industri pakaian, perhiasan, dan keperluan lainnya. Banyak sekali hayati khas Indonesia yang memiliki nilai kegunaan produktif, di antaranya:

- a. meranti untuk bahan bangunan;
- b. eboni (kayu hitam) untuk bangunan dan alat rumah tangga;
- c. jati untuk bahan bangunan;
- d. karet untuk bahan alat rumah tangga, industri otomotif;
- e. rotan untuk alat rumah tangga;
- f. buah-buahan untuk konsumsi makanan pelengkap, misalnya durian, sirsak, jambu biji, avokad, delima, kesemek, salak, sawo, nangka, rambutan, mangga, manggis, markisa, melon, pisang, pepaya, dan kenari;
- g. Tanaman penyegar, misalnya asam, jahe, kunir, kencur, vanili, teh, dan kopi.

2. Nilai Ekonomi Tidak Langsung

Nilai ekonomi tidak langsung dapat dibagi menjadi nilai kegunaan nonkonsumtif, nilai pilihan, dan nilai eksistensi.

a. Nilai Kegunaan Nonkonsumtif

Nilai ini diberikan untuk berbagai jasa lingkungan yang kita nikmati tanpa melalui penggunaan secara langsung, misalnya:

- 1) orang utan untuk kebun binatang, sebagai kebutuhan rekreasi dan ekoturisme;
- 2) aneka jenis burung endemik, seperti cendrawasih, jalak Bali, elang Jawa, dan burung hantu untuk ekoturisme dan rekreasi serta nilai pendidikan dan ilmiah;
- 3) ayam pelung, berbagai jenis ular untuk ekoturisme, rekreasi serta nilai pendidikan dan ilmiah;
- 4) komodo dan maleo untuk nilai pendidikan dan ilmiah;
- 5) damar, rasamala, berbagai pohon kayu lainnya sebagai perlindungan sumber air dan tanah, pengatur iklim, dan monitor lingkungan;
- 6) anggrek, bunga bangkai (*Amorophalus titanum*), kantung semar (*Nepenthes*), teratai, mawar, melati padma (*Rafflesia arnoldi*), dan bunga lainnya untuk rekreasi, tanaman hias, ekoturisme, pendidikan, dan ilmiah.

b. Nilai Pilihan

Nilai pilihan dari spesies adalah potensi suatu spesies dalam memberikan keuntungan ekonomi bagi masyarakat pada suatu saat di masa depan. Solusi dengan adanya perubahan kebutuhan masyarakat saat ini sering kali ada pada tumbuhan atau hewan yang belum tersentuh. Untuk itu dilakukanlah telaah daya guna keanekaragaman hayati, dikenal dengan istilah **biodiversity prospecting**, yaitu penelaahan potensi jenis tumbuhan dan satwa liar beserta gen dan produk kimiawinya yang berdaya guna, contohnya sebagai berikut.

- 1) Eceng gondok sangat prospektif dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan alat rumah tangga, pakaian, perhiasan rumah, dan sebagainya.
- 2) Rumput alang-alang untuk produksi pemanis pengganti gula tebu.
- 3) Kelompok alga (*Spirulina*, *Chlorella*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Gloeocapsa*, *Anabaena*) prospektif untuk memenuhi kebutuhan gizi, pupuk biologis, pembersih polutan, produksi cat, dan pewarna tekstil.
- 4) Kelompok bakteri dan jamur.

Margasatwa bernilai ekonomi tinggi menjadi barang untuk perdagangan dalam negeri dan internasional, serta menjadi sumber pangan penting untuk masyarakat setempat. Perburuan tradisional kadang-kadang berhubungan dengan upacara adat, misalnya perburuan berbagai jenis burung dan mamalia. Burung, primata, mamalia, dan reptil diketahui sebagai barang perdagangan. Primata merupakan hewan laboratorium yang penting untuk percobaan. Mamalia dan reptil digunakan di berbagai macam industri. Ikan air tawar dimanfaatkan untuk keperluan setempat dan perikanan. Berbagai aktivitas masyarakat dengan memanfaatkan satwa dapat dilihat pada Gambar 6.13.



Sumber: Margasatwa, Indonesian Heritage



Gambar 6.13 Berbagai aktivitas masyarakat dengan memanfaatkan satwa. Dari kiri atas ke kanan, burung langka dijual di pasar burung; kucing liar yang diawetkan dan dijual sebagai hiasan; sepasang sapi madura yang dihias untuk karapan sapi

Banyak bakteri dan jamur yang dimanfaatkan untuk bahan bioteknologi, baik sebagai fermenter maupun jasa rekayasa genetik, contohnya yoghurt, anggur, keju dan antibiotik.

Tugas 6.2

Cari info tentang cara membuat kerajinan tas dari eceng gondok dan pelepah pisang. Tanyakan kepada pengrajin tas, industri rumah, dan bengkel latihan kerja yang ada di kotamu. Keterampilan yang kamu peroleh ini dapat dijadikan usaha mandiri karena bahan mentahnya mudah didapat tanpa modal besar.

c. Nilai Eksistensi

Nilai eksistensi merupakan nilai keberadaan suatu spesies. Saat ini di seluruh dunia, orang peduli terhadap kehidupan liar dan sangat prihatin atas perlindungannya. Contoh: komodo, maleo, anoa, cendrawasih, kakaktua, orang utan, harimau, tapir, **Coelacanth**, tarsius, elang Jawa, jalak Bali, badak, duyung, lumba-lumba, pesut, meranti, eboni, matoa, **Rafflesia arnoldi**, **Amorophalus tianum**, edelweiss (**Anaphalis javanica**), anggrek, dan masih banyak lagi. Khusus untuk Coelacanth, masyarakat dunia mengira bahwa ikan tersebut merupakan ikan purba yang telah lama punah. Namun ternyata ikan ini masih eksis di perairan Bunaken, diburu dan dijadikan sumber makanan oleh nelayan dan penduduk sekitar. Selain di Bunaken, Coelacanth hanya ditemukan di Madagaskar. Agar nilai-nilai biodiversitas tetap terjaga, kita perlu mengetahui ancaman apa saja yang membahayakan kelestarian biodiversitas.

F. Ancaman terhadap Biodiversitas

Sudah merupakan suatu hal biasa kalau orang-orang pencinta lingkungan hidup selalu mengumandangkan kekhawatiran mereka tentang kelestarian hayati. Berbagai imbauan, peringatan, dan kekhawatiran tentang hal ini telah dilakukan baik melalui iklan media massa, penyuluhan maupun diklat-diklat.

Pada abad sekarang, manakala manusia sudah mengikuti arus industrialisasi dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, banyak kegiatan yang tanpa sadar mengancam kelestarian biodiversitas. Jika hal ini dibiarkan, keanekaragaman hayati dapat mengalami penurunan, baik secara kualitas maupun kuantitas. Memang bukan hanya kegiatan manusia yang dapat mengancam penurunan biodiversitas. Namun, penyebab lain pun secara tidak langsung merupakan campur tangan manusia. Berikut ini dapat kita simak beberapa hal tersebut.

1. Perusakan, Fragmentasi, dan Pemusnahan Habitat

Di Indonesia, problem kepadatan penduduk menjadi faktor yang langsung mengancam biodiversitas. Program transmigrasi dari Pulau Jawa

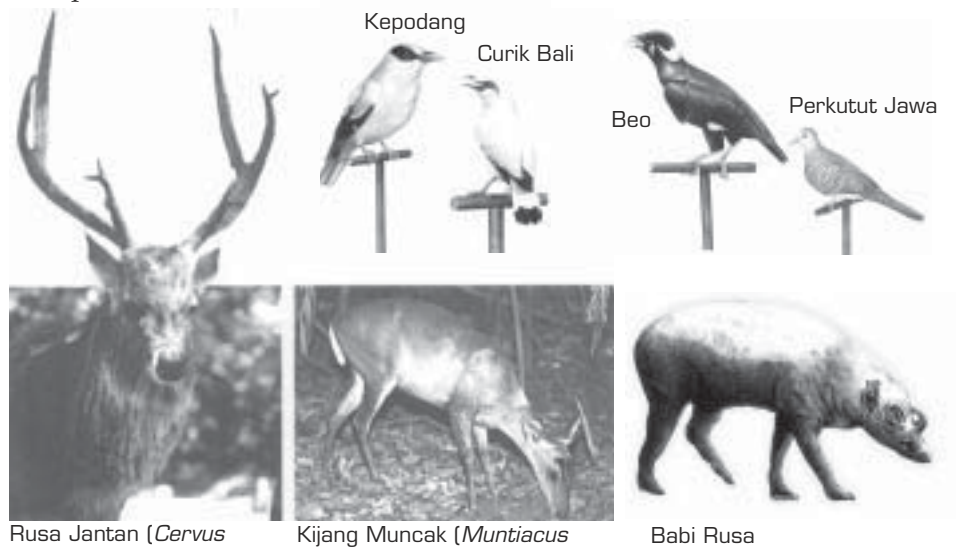
ke pulau lain yang merupakan lahan habitat makhluk hidup kekayaan dunia telah menjadi penyebab rusak atau musnahnya habitat. Berbagai hutan di Sumatra, Kalimantan, dan Sulawesi dibuka dan dimusnahkan untuk area pemukiman.

2. Masuknya Jenis Hewan dan Tumbuhan Baru pada Suatu Habitat tanpa Penelitian dan Pengembangan (Litbang) yang Saksama

Akibat kelalaian proses litbang, masuknya hewan dan tumbuhan baru pada suatu habitat akan mengganggu keseimbangan ekosistem. Tanpa diteliti karakternya, kemungkinan hewan dan tumbuhan baru tersebut menjadi pesaing bagi hewan dan tumbuhan yang ada. Kompetitor ini mungkin akan memusnahkan organisme tuan rumah. Dapat pula hewan baru ternyata menjadi hama dan gulma.

3. Penggunaan yang Berlebihan Jenis Tumbuhan dan Hewan pada Suatu Habitat

Manusia membutuhkan makanan, pakaian, rumah, obat-obatan, dan kebutuhan lainnya dengan memanfaatkan hewan dan tumbuhan di sekitarnya. Tanpa memperhitungkan proses reproduksi hewan dan tumbuhan, manusia terus-menerus mengeksploitasi kedua jenis makhluk hidup sampai pada suatu saat banyak hewan dan tumbuhan menjadi langka atau punah (Gambar 6.14).



Rusa Jantan (*Cervus*)

Kijang Muncak (*Muntiacus*)

Babi Rusa

Sumber: *Margasatwa*, Indonesian Heritage

Gambar 6.14 Hewan-hewan banyak yang punah atau menjadi langka

Hewan liar diburu di berbagai tempat. Jumlah yang diburu sangat banyak. Pemburu bukan hanya tidak mempunyai izin berburu, tetapi juga melakukan perburuan di kawasan konservasi termasuk taman nasional. Perburuan komersial yang tidak terkendali merupakan masalah gawat untuk jenis tertentu. Banyak hewan buruan yang sangat disukai di Indonesia, misalnya babi rusa (*Babyrousa babyrussa*), anoa (*Bubalus depressicornis* dan *B. quarlesi*), Kuau raja (*Argusianus argus*), walabi saham (*Macropus agile*), rusa jawa (*Cervus timorensis*), kasuari (*Casuaris cauaris*), ular sanca batik (*Phyton reticulatus*), burung rangkong (*Bucros bicornis*), berbagai burung hias, di antaranya kakaktua raja (*Proboscijer atterrimus*), Kepodang (*Oriolus chinensis*), Curik Bali (*Leucopsar roschildi*), Beo (*Gracula religiosa*), Perkutut Jawa (*Geopelia striata*), ayam hutan (*Gallus varius*), Ikan arwana (*Scleropages formosus*) juga menjadi ikan yang banyak diburu.

INFO BIOLOGI

Akibat Impor Tumbuhan Asing

Akibat bebasnya mendatangkan hewan dan tumbuhan asing ke dalam wilayah Indonesia, masuknya tumbuhan Akasia berduri dari Afrika mendatangkan malapetaka. Awalnya diniatkan untuk membuat jalur pembatas padang rumput di taman Nasional Baluran Jawa Timur, dengan menanam sejumlah Akasia berduri dari Afrika. Namun, Akasia ini tumbuh begitu cepat, bukan lagi di jalur pembatas, melainkan di seluruh area padang rumput, merusak eksistensi tanaman yang ada. Untuk mencegah meluasnya pertumbuhan Akasia tersebut, pengelola taman nasinal Baluran melakukan bulldoser.

Sumber: media elektronik, TV

4. Pencemaran (Air, Tanah, Udara) dalam Ekosistem

Manusia semakin banyak. Sisa kebutuhan hidupnya merupakan limbah yang mengancam. Limbah pabrik maupun limbah domestik (dari rumah-rumah) merupakan bahan pencemar lingkungan. Satu contoh saja, mengenai limbah detergen. Detergen tidak mudah diuraikan, zat ini akan membunuh organisme perairan. Jika di perairan tersebut terdapat eceng gondok, dengan adanya detergen akan terjadi eutrofikasi, dalam waktu singkat terjadi ledakan pertumbuhan eceng gondok hingga menutup permukaan perairan. Cahaya matahari sulit masuk ke dalam perairan, menyebabkan tumbuhan air sulit melakukan fotosintesis. Rentetan berikutnya adalah kekurangan oksigen dan biota perairan mati.

5. Perubahan Iklim Global (Pemanasan Bumi)

Penggunaan zat kimia tertentu oleh manusia (misalnya PVC), pembakaran zat tertentu, telah menyebabkan ozon atmosfer berubah wujud secara kimiawi. Akibatnya fungsi ozon sebagai penangkal cahaya matahari hilang, dan bumi menjadi panas. Bumi mengalami efek rumah kaca. Atmosfer yang rusak ozonnya disebut memiliki lubang ozon. Intensitas cahaya matahari yang dapat ditangkal sekitar 90% oleh ozon, kini mengancam bumi 100% karena lubang ozon. Bumi akan mengalami pemanasan global karena panas yang masuk tidak dapat dipantulkan melewati atmosfer bumi. Selain itu, musnahnya hutan-hutan yang menjadi paru-paru dunia, akibat eksploitasi kayu-kayu oleh manusia, menyebabkan bumi bertambah panas.

6. Perkembangan Industri Pertanian dan Industri Perhutanan

Menurut Global Diversity Assesment, Heywod, 1995, pertanian komersial modern telah mendatangkan aspek negatif terhadap keanekaragaman hayati pada semua tingkat dari keanekaragaman ekosistem, spesies, dan genetik. Sebagai contoh, coba kita diskusikan dengan teman-teman, apa yang akan terjadi jika sebuah hutan diubah menjadi lahan monokultur. Lahan monokultur yang ada di Indonesia biasanya sawah. Sawah hanya ditanami satu jenis tanaman yaitu padi. Tentu dampaknya sangat merugikan eksistensi keanekaragaman hayati apabila hutan diubah menjadi sawah. Lahan akan kehilangan banyak plasma nutfah, ekosistem berubah, terjadi ledakan hama yang kehilangan habitatnya. Tanah pada lahan hutan yang diubah menjadi sawah lambat laun akan kehilangan banyak macam unsur hara. Dunia pertanian modern juga telah melahirkan pupuk buatan, dan pestisida kimiawi yang menyebabkan pencemaran dan kerusakan lingkungan. Pemanfaatan hasil hutan untuk segala sektor kehidupan, juga telah menyebabkan punahnya plasma nutfah.

7. Penambangan Logam dan Pemanfaatan Biota Laut

Penambangan logam biasanya diikuti dengan pengubahan suatu daerah menjadi daerah penambangan. Hutan dibuka, lalu dibangun daerah pertambangan. Sisa bidang-bidang habitat alami semakin kecil dan terasing, sehingga jenis margasatwa setempat cenderung punah. Padahal kepunahan berarti hanya menjadi sejarah. Kita harus memerhatikan kondisi yang dianugerahkan Tuhan yang menuntut kepedulian manusia agar tidak mempercepat kepunahan suatu jenis makhluk. Kondisi tersebut, di antaranya:



Sumber: Margasatwa, Indonesian Heritage

Gambar 6. Burung Seriwang sangihe (*Eutrichomyas rowleyi*)

- a. persebarannya sedikit dan kemampuan menyesuaikan kecil;
- b. hanya ditemukan di daerah sempit;
- c. membutuhkan daerah luas untuk dapat bertahan hidup;
- d. dan tumbuhan dengan kekhususan tinggi.
- e. pemangsa besar yang diburu oleh manusia;
- f. mempunyai nilai komersial;
- g. pernah mempunyai kisaran luas dan berdekatan, tetapi sekarang terbatas pada kantong-kantong kecil habitat.

Biota laut yang sebagian besar dimanfaatkan sebagai sumber makanan, diambil oleh nelayan dengan cara-cara yang merusak habitat, misalnya dengan menggunakan pukot harimau. Untuk mengantisipasi ancaman terhadap keanekaragaman hayati Indonesia, diperlukan upaya-upaya untuk melestarikannya sebagaimana dijelaskan dalam uraian berikut.

G. Upaya Pelestarian Keanekaragaman Hayati di Indonesia

Tekanan berbagai kepentingan pemanfaatan hayati di banyak kawasan, mengancam kekayaan margasatwa Indonesia. Kepulauan Indonesia berupa alam sangat luas dan penting baik secara nasional, maupun internasional. Indonesia mempunyai tanggung jawab dunia dan nasional untuk memerhatikan secara sungguh-sungguh mengenai perlindungan. Kini lebih dari 350 daerah di Indonesia ditetapkan untuk konservasi, meliputi upaya pelestarian ekosistem dan melindungi tanah dan air. Selain itu, Indonesia juga harus memerhatikan hal-hal yang mengkhawatirkan, seperti: 1) bagian terkaya daerah pelestarian telah hilang di daerah hutan penebangan; 2) petani mencari keuntungan lebih untuk nafkah hidup; 3) pembangunan jalan melintasi batas hutan dan menembus taman nasional; 4) pencarian dan penambangan mineral di banyak taman nasional dan kawasan lindung, sehingga mengganggu hutan dan margasatwa, juga pencemaran yang tinggi; 5) kelambanan penanganan pelestarian akan mempercepat hilangnya hayat, hilangnya banyak daerah dan jenis khas yang tak tergantikan.

Agar ekosistem yang rusak cepat pulih, kita harus memberikan kesempatan pada ekosistem tersebut untuk melakukan pemulihan alami karena ekosistem mempunyai kekuatan pemulihan luar biasa. Ada dua cara pelestarian keanekaragaman hayati di Indonesia, yaitu sebagai berikut.

1. Budi daya atau pemuliaan hayati di bidang pertanian, perkebunan, perikanan, peternakan, dan sebagainya.
2. Pelestarian hayati, meliputi upaya **in situ** dan **ex situ**.
 - a. Pelestarian secara **in situ**, yaitu melindungi sumber hayati di tempat aslinya. Hal ini dilakukan sehubungan dengan keberadaan organisme yang memerlukan habitat khusus, dan akan membahayakan kehidupan organisme tersebut jika dipindahkan ke tempat lainnya, contoh: cagar alam, hutan lindung, suaka margasatwa, taman laut.
 - b. Pelestarian secara **ex situ**, merupakan bentuk perlindungan keanekaragaman hayati Indonesia dengan cara memindahkan hewan atau tumbuhan ke tempat lainnya yang cocok bagi kehidupannya, contoh: kebun raya, hutan nasional, hutan produksi, kebun binatang, Tabulampot (tanaman budi daya dalam pot).

T u g a s 6.3

Buka **website** www.Google.co.id. Carilah informasi tentang pengertian cagar alam, hutan lindung, suaka margasatwa, taman laut, hutan nasional, hutan produksi, kebun binatang, dan kebun raya. Informasi ini berguna untuk meningkatkan wawasan kamu tentang kekayaan Sumber Daya Alam Indonesia.

H. Membuat Kebun Tanaman Dapur atau Tanaman Obat Keluarga

Sebagai manusia kita akan selalu membutuhkan makhluk lain. Kita juga membutuhkan lingkungan hidup yang sehat, bersih, hijau agar kegiatan tidak terganggu oleh penyakit, atau gangguan pada aspek fisiologis tubuh.

Salah satu cara menata lingkungan hidup kita berdasarkan karakter alami adalah dengan penghijauan (**greening**), baik di rumah maupun di sekolah. Untuk melakukannya, kita dapat membuat kebun tanaman dapur atau kebun tanaman obat keluarga. Langkah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Menentukan lahan di sekolah. Manfaatkan lahan seluas apa pun, di depan kelas, di halaman sekolah, di depan laboratorium, ataupun di depan perpustakaan. Jika lahan di sekolah tidak ada, kita dapat membuat kebun dengan cara tabulampot (tanaman budi daya dalam pot).
2. Menentukan jenis tanaman yang akan dibudidayakan, apakah kelompok tanaman dapur atau kelompok tanaman obat.

Tabel 6.3 Contoh kelompok tanaman dapur dan kelompok tanaman obat

Tanaman dapur	Tanaman obat
Seledri (<i>Apium graveolens</i>) Bayam (<i>Amaranthus hybridus</i>) Cabai merah (<i>Capsicum annuum</i>) Cabai rawit (<i>Capsicum frutescens</i>) Jahe (<i>Zingiber officinale</i>) Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i>) Kencur (<i>Kaemferia galanga</i>) Kunyit (<i>Curcuma domestica</i>) Lengkuas (<i>Alpinia galanga</i>) Serai (<i>Cymbopogon nardus</i>)	Belimbing wuluh (<i>Averrhoa bilimbi</i>) Brotowali (<i>Tinospora ceispa</i>) Daun dewa (<i>Gynura segetum</i>) Jeruk nipis (<i>Citrus aurantifolia</i>) Kecubung (<i>Datura metel</i>) Kumis kucing (<i>Orthosiphon stamineus</i>) Kunyit (<i>Curcuma domestica</i>) Lengkuas (<i>Alpinia galanga</i>) Lidah buaya (<i>Aloe vera</i>) Pegagan/antan (<i>Centella asiatica</i>) Sambang darah (<i>Excoecaria cochinchinensis</i>) Sambiloto (<i>Andrographis paniculata</i>) Tapak dara (<i>Catharanthus roseus</i>)

3. Menyiapkan lahan, dengan menggemburkan tanah dicampur dengan kompos.
4. Menanam bibit tanaman.
5. Memagari kebun tanaman.
6. Membuat peta tanaman untuk memudahkan perawatan.
7. Menginventarisasi jadwal perawatan.

Tugas 6.4

1. Buatlah klipng tentang keanekaragaman hayati Indonesia.
2. Buatlah peta Indonesia di atas karton manila, tempeli setiap wilayahnya dengan prangko seri flora dan fauna.
3. Buatlah klipng berita tentang polusi, kaitkan dengan ancaman terhadap keanekaragaman hayati Indonesia.

Rangkuman

1. Keanekaragaman hayati merupakan keberagaman makhluk hidup yang menempati planet bumi baik di darat, di perairan maupun di dalam tanah. Keberagaman tersebut meliputi semua aspek, mulai dari ukuran tubuh, susunan sel, fungsi, fisiologis, sampai pada peranannya dalam ekosistem.
2. Keanekaragaman hayati terjadi karena adanya keanekaragaman gen, meningkat pada keanekaragaman jenis, sampai pada tingkat makro, yaitu keanekaragaman ekosistem.
3. Berangkat dari keanekaragaman hayati inilah planet bumi terbagi menjadi wilayah-wilayah ekosistem dengan karakter khas yang terbentuk karena karakter organisme-organisme penghuninya
4. Ekosistem terbentuk karena adanya dinamika interaksi kompleks antarpenghuninya. Beragam tumbuhan berinteraksi dengan beragam hewan, dalam memenuhi kebutuhan dasar hidupnya agar tetap dapat beradaptasi terhadap lingkungan abiotik dan biotik.
5. Keberagaman ekosistem daratan meliputi hutan, gurun, pantai, rawa, serta ekosistem laut termasuk terumbu karang menunjukkan keberagaman hayati planet bumi ini.
6. Konsentrasi keberagaman hayati berbeda-beda di setiap ekosistem, bergantung pada karakter zona geografisnya. Konsentrasi keanekaragaman hayati tertinggi terletak di negara kepulauan Indonesia pada khususnya, dan di Malesiana pada umumnya.
7. Keberadaan spesies manusia tidak diragukan lagi telah mampu mengubah karakteristik alami suatu ekosistem.
8. Manusia membuat berbagai kriteria nilai pada hampir semua organisme, sesuai dengan kebutuhan mereka, maka muncul nilai ekonomi, nilai kegunaan, nilai konsumtif, nilai nonkonsumtif, nilai pilihan, dan seterusnya.
9. Kebutuhan manusia yang tak terbatas mendorong kemampuannya untuk mengeksplorasi aspek biotik dan abiotik tanpa memperhitungkan daya dukung, daya toleransi, dan kelestarian lingkungan. Timbullah efek yang mengkhawatirkan dan mengancam eksistensi planet bumi; seperti polusi, punahnya suatu organisme, rusaknya kestabilan ekosistem, munculnya ras/varietas baru buatan manusia yang sifatnya merusak. Secara keseluruhan, efek tersebut mengancam berkurangnya keanekaragaman hayati.

Kata Kunci

abiotik	ex situ
biodiversitas	habitat
biogeografi	identifikasi
biotik	in situ
ekosistem	klasifikasi

Evaluasi Akhir Bab

- A. Pilih jawaban yang paling tepat.
1. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya keanekaragaman tingkat jenis adalah . . .
 - A. materi genetik
 - B. lingkungan
 - C. adaptasi
 - D. materi genetik dan lingkungan
 - E. lingkungan dan adaptasi
 2. Kelompok mana yang merupakan keanekaragaman jenis?
 - A. Buaya dan kadal
 - B. Merpati mahkota dan merpati pos
 - C. Kelapa hijau dan kelapa kopyor
 - D. Padi pelita dan padi cisadane
 - E. Mangga arumanis dan mangga gedong
 3. Perbedaan yang ditemukan di antara sesama ayam dalam satu kandang disebut . . .
 - A. evolusi
 - B. adaptasi
 - C. variasi
 - D. spesialisasi
 - E. identifikasi

4. Kelompok mana yang menunjukkan keanekaragaman jenis dalam famili?
 - A. Ayam bekisar dan ayam ras
 - B. Beruang putih dan beruang cokelat
 - C. Kelapa hijau dan kelapa gading
 - D. Kelapa dan aren
 - E. Badak bercula satu dan badak bercula dua

5. Apa yang menyebabkan individu dalam satu spesies beraneka ragam?
 - A. Pengaruh lingkungan
 - B. Perbedaan makanan
 - C. Jumlah kromosom yang berbeda
 - D. Banyak sedikitnya gen dalam kromosom
 - E. Komposisi gen dalam kromosom

6. Pulau-pulau di Indonesia menjembatani dua kawasan zoogeografi yang memiliki sifat yang sangat berlainan, yaitu
 - A. Ethiopia dan Oriental
 - B. Oriental dan Australian
 - C. Australian dan Paleartik
 - D. Oriental dan Paleartik
 - E. Ethiopia dan Australian

7. Garis Wallace yang menghalangi penyebaran hewan merupakan garis pemisah antara pulau-pulau
 - A. Sumatra dan Jawa
 - B. Jawa dan Bali
 - C. Kalimantan dan Sulawesi
 - D. Sulawesi dan Maluku
 - E. Maluku dan Nusa Tenggara

8. Penebangan kayu di hutan harus memenuhi persyaratan tertentu agar kelestarian terjaga. Persyaratan tersebut, di antaranya
 - A. tebang habis, tanam lagi
 - B. penebangan minimal
 - C. sistem tebang pilih
 - D. penebangan maksimal
 - E. reboisasi di pinggir hutan

9. Usaha-usaha manusia untuk melestarikan lingkungan agar serasi dan seimbang antara lain
- A. pemakaian sumber daya alam secara berlebihan
 - B. pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana
 - C. pemberantasan hama dengan pestisida
 - D. penebangan hutan secara ekonomis
 - E. perburuan satwa tanpa memedulikan jumlah populasi
10. Salah satu cara menata lingkungan adalah dengan penghijauan baik di rumah maupun di sekolah, yaitu dengan membuat kebun tanaman dapur dan tanaman obat keluarga. Berikut ini yang termasuk tanaman obat adalah
- A. seledri dan bayam
 - B. belimbing wuluh dan sambiloto
 - C. cabai rawit dan tomat
 - D. serai dan lengkuas
 - E. cabai merah dan jeruk nipis

B. Jawab pertanyaan berikut dengan benar.

1. Faktor-faktor apakah yang menimbulkan keanekaragaman? Jelaskan!
2. Mengapa di Sulawesi, Nusa Tenggara, dan Maluku terdapat spesies-spesies unik yang tidak ditemukan di tempat lain? Jelaskan!
3. Jelaskan dengan contoh pentingnya keanekaragaman hayati bagi kehidupan manusia!
4. Sebutkan tindakan manusia yang berpengaruh buruk terhadap ekosistem alami di hutan!
5. Apa yang dimaksud dengan pernyataan “Hutan hujan tropis sebagai sumber plasma nutfah”?

Bab VII

Dunia Tumbuhan



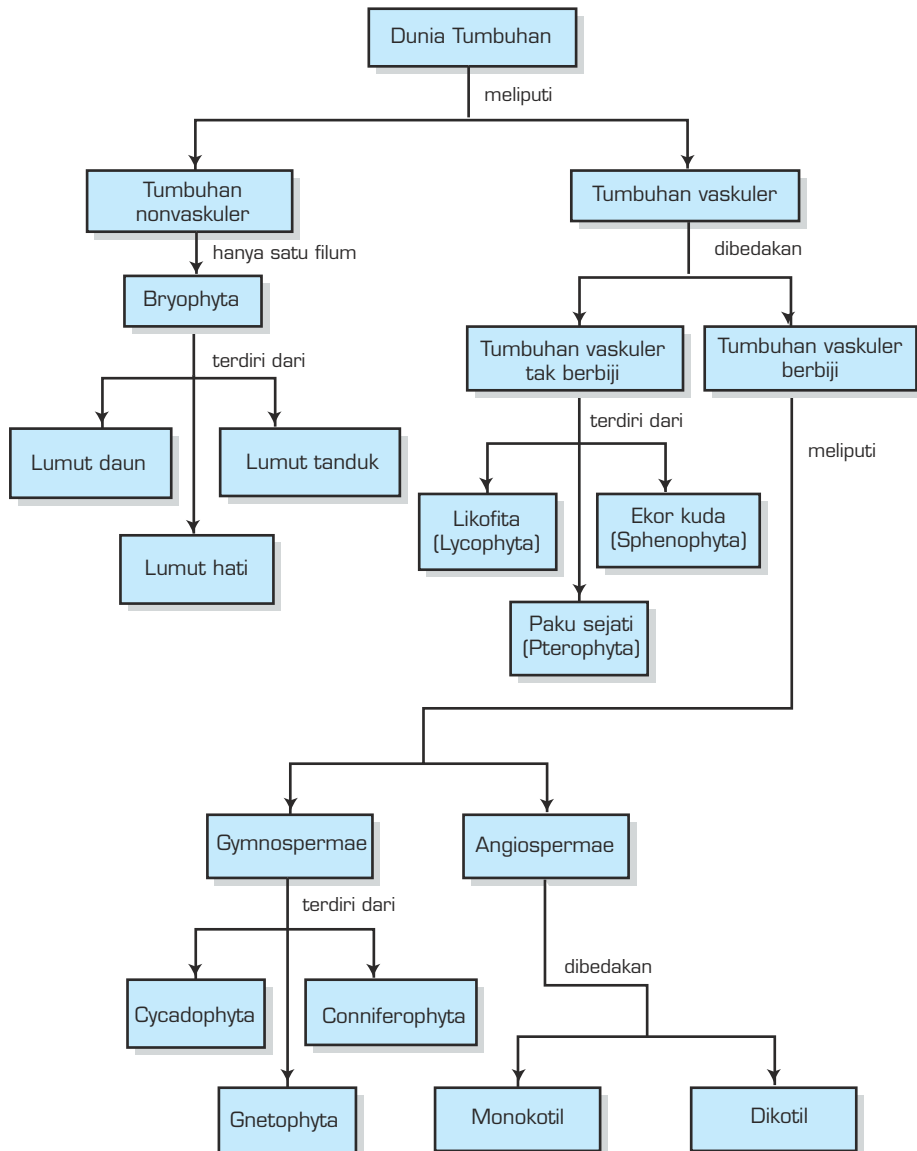
Sumber: *Tetumbuhan*

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. mengidentifikasi, membedakan, dan mengomunikasikan ciri-ciri divisi dalam kingdom Plantae;
2. memberi contoh masing-masing divisi dalam kingdom Plantae;
3. mengidentifikasi peran anggota kingdom Plantae bagi kehidupan.

PETA KONSEP

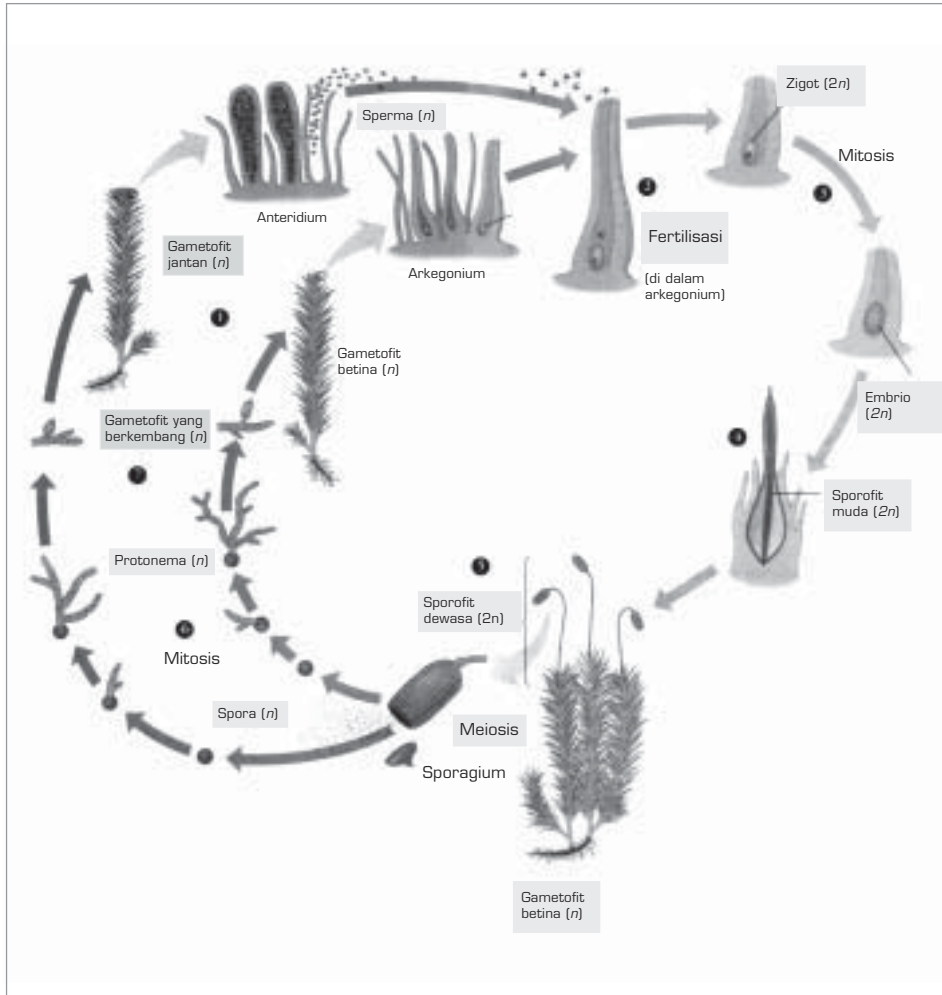


Tumbuhan dapat kita jumpai hampir di seluruh penjuru bumi; di hutan, pegunungan, dan dataran rendah. Hampir semua tumbuhan yang menjadi anggota kingdom Plantae hidup di daratan walaupun beberapa tumbuhan hidup di air, misalnya teratai. Kingdom plantae meliputi semua tumbuhan **bersel banyak**, mulai dari yang sederhana sampai yang kompleks. Sel-selnya bersifat **eukariotik**, dinding selnya mengandung **selulosa**, memiliki **klorofil**, dan hidup secara **autotrof**. Keanekaragamannya sangat tinggi sehingga tidak mudah untuk mengklasifikasikannya. Para ahli membagi dunia tumbuhan menjadi dua kelompok, yaitu **tumbuhan tak berpembuluh** (nonvaskuler) dan **tumbuhan berpembuluh** (vaskuler). Dalam bab ini akan dibahas tumbuhan nonvaskuler, tumbuhan vaskuler, tumbuhan berbiji, dan peranan tumbuhan bagi kelangsungan hidup di bumi.

A. Tumbuhan tak Berpembuluh (Nonvaskuler)

Pembuluh adalah jaringan yang terdiri atas sel-sel yang dihubungkan satu sama lain, membentuk pembuluh yang mengangkut air dan zat-zat hara di seluruh tubuh tumbuhan. Kelompok tumbuhan yang tidak memiliki pembuluh tersebut, dikelompokkan ke dalam **tumbuhan tak berpembuluh** (nonvaskuler). Pernahkah kamu melihat tumbuhan lumut? Sebagian besar tumbuhan lumut (Bryophyta) tidak memiliki jaringan pembuluh. Oleh karena itu lumut termasuk kelompok tumbuhan tak berpembuluh (nonvaskuler).

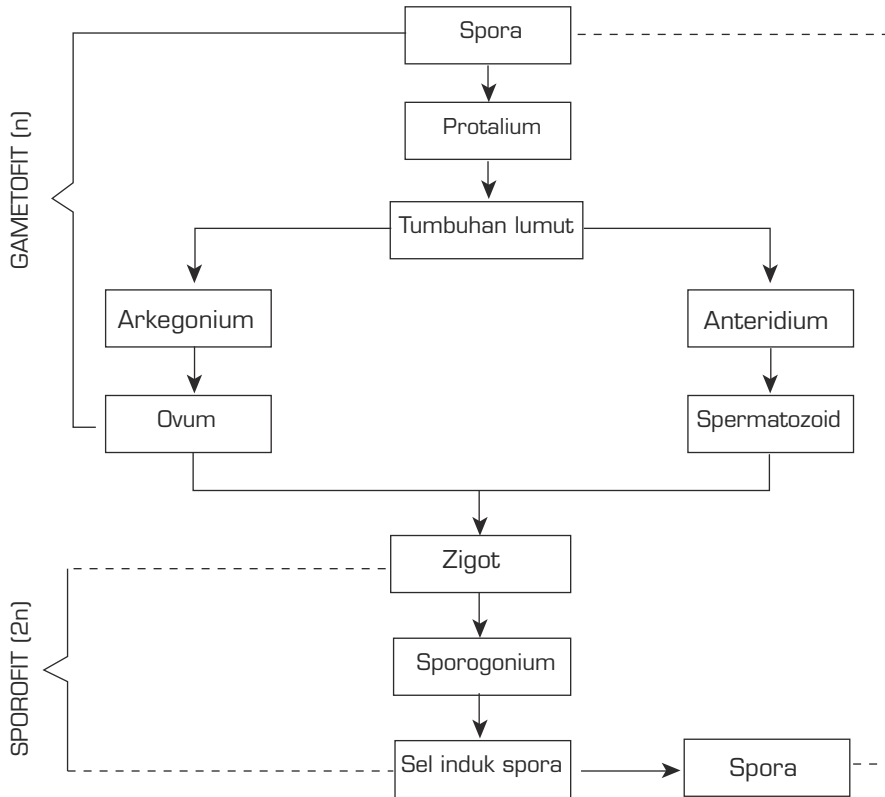
Tumbuhan lumut merupakan tumbuhan peralihan dari air ke daratan. Pada waktu berkembang biak, lumut masih memerlukan air, sperma memiliki flagela dan harus berenang dari anteridium ke arkegonium untuk membuahi sel telur. Pada beberapa spesies lumut, setetes air hujan atau embun sudah cukup untuk memungkinkan terjadinya pembuahan. Dengan demikian, beberapa spesies lumut dapat hidup di gurun. Sebagian besar lumut tidak memiliki pembuluh (ada lumut tertentu yang memiliki sel pengangkut air yang memanjang), maka ketika air mengalir pada permukaan hamparan lumut, air akan meresap dan menyerap ke seluruh tubuh tumbuhan melalui proses difusi yang relatif lambat. Oleh karena itu, habitat yang umum untuk lumut adalah yang teduh dan lembap. Lumut dapat merentang secara horizontal sebagai hamparan di atas permukaan yang luas, tetapi tingginya hanya 1-2 cm, paling tinggi umumnya kurang dari 20 cm. Dalam siklus hidupnya lumut mengalami pergiliran keturunan (generasi) haploid dan diploid. Untuk jelasnya pelajari siklus hidup lumut daun pada Gambar 7.1



Sumber: *Biologi jilid 2, Campbell*

Gambar 7.1 Siklus hidup lumut daun

Tubuh lumut yang umum kita lihat di permukaan tanah merupakan gametofit (n), yaitu badan penghasil gamet (1). Gametofit jantan dan betina terpisah, masing-masing menghasilkan anteridium dan arkegonium. Fertilisasi terjadi di dalam arkegonium (2), terbentuk zigot (2n), terjadi mitosis (3), tumbuh menjadi **embrio** (2n), sporofit muda (2n) dalam arkegonium (4), dan sporofit dewasa (2n) tumbuh pada ujung gametofit betina (5). Sporofit adalah badan penghasil spora. Meiosis terjadi di dalam sporangium dan spora haploid berkembang. Spora akan berkecambah melalui pembelahan mitosis, membentuk **protonema** (6). Protonema (n) tumbuh dan berdiferensiasi membentuk gametofit dewasa (n). Berdasarkan Gambar 7.1, dapat dibuat skema daur hidup lumut seperti tampak pada Gambar 7.2.



Gambar 7.2 Skema daur hidup lumut

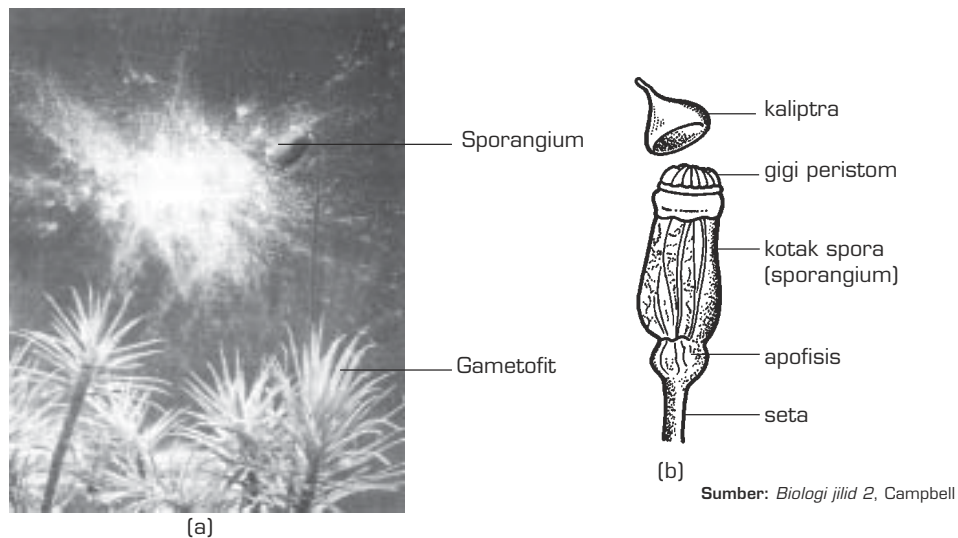
Berdasarkan skema daur hidup lumut, jelas tampak bahwa adanya fase sporofit didahului fase gametofit atau sebaliknya. Kedua fase itu terjadi secara bergantian. Peristiwa semacam itu disebut pergantian keturunan (generasi) atau **metagenesis**. Pada tumbuhan lumut, manakah generasi yang dominan, gametofit atau sporofit? Generasi mana yang hidupnya lebih pendek? Tumbuhan lumut banyak sekali jenisnya, para ahli membagi lumut menjadi tiga kelompok, yaitu lumut daun, lumut hati, dan lumut tanduk.

1. Lumut Daun

Lumut daun (moss) merupakan tumbuhan lumut yang paling terkenal. Hamparan lumut daun terdiri atas kelompok lumut yang padat, yang saling menyokong satu sama lain. Setiap tumbuhan yang tergabung dalam hamparan tersebut melekat pada substrat dengan sel memanjang atau filamen seluler yang disebut **rizoid**. Gametofitnya tumbuh tegak di permukaan tanah, memiliki bagian-bagian yang menyerupai "akar", "batang", dan "daun" yang sesungguhnya tidak sama dengan struktur yang sama pada tumbuhan

vaskuler. Gametofit merupakan generasi dominan, tempat terjadinya fotosintesis. Sporofit tumbuh membentuk suatu batang panjang yang muncul dari arkegonium. Pada ujung batang terdapat sporangium, yaitu kapsul tempat terjadinya pembelahan meiosis dan spora haploid berkembang.

Gambar 7.3b sporofit yang memiliki **sporangium** berbentuk kapsul dengan tutupnya disebut **kaliptra**. Jika kadar air rendah, kaliptra terlepas, gigi peristom terbuka, dan spora keluar.



Gambar 7.3 Lumut daun

Salah satu contoh lumut daun adalah **lumut gambut** atau **sphagnum**, terhampar menutupi permukaan daratan bumi seperti karpet. Hamparan lumut gambut sangat tebal, terdiri atas tumbuhan hidup dan mati di tanah basah, mengikat banyak sekali karbon organik. Sebagai tempat penyimpanan karbon, rawa gambut tersebut berperan penting dalam menstabilkan konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer. Sphagnum tumbuh di daerah tundra, merupakan makanan rusa kutub. Lumut daun dapat dimanfaatkan sebagai media tanaman (pengganti ijuk). Siklus hidupnya sudah kamu lihat pada Gambar 7.1.

Tugas 7.1

Bagaimana lahan gambut di Indonesia (Kalimantan)? Carilah informasi dari surat kabar/internet dan media lain.

1. Mengapa lahan gambut pada musim panas mudah terbakar?
2. Apa penyebab gagalnya proyek sejuta hektar lahan gambut menjadi lahan pertanian.

2. Lumut Hati

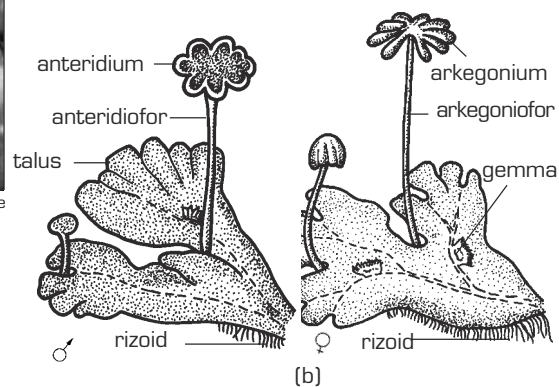
Hutan tropis merupakan tempat hidup lumut hati dengan keanekaragaman yang paling besar. Gametofitnya merupakan lembaran “daun” tipis yang menempel pada substratnya dengan rizoid yang halus. Lembaran “daun” dibagi menjadi beberapa lobus, bentuknya seperti hati hewan, epidermisnya mengandung klorofil. Pada permukaan gametofit terdapat badan seperti mangkuk yang berisi kuncup (gemma) yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan aseksual. Kuncup yang terlepas dan jatuh di tempat yang sesuai, akan tumbuh menjadi individu baru. Siklus hidup lumut hati hampir sama dengan siklus hidup lumut daun. Gambar 7.4b Lembaran “daun” (gametofit dengan mangkuk berisi gemma, anteridium, dan arkegonium).



Sumber: *Tetumbuhan*, Pustaka Alam Life

Marchantia polymorpha

(a)

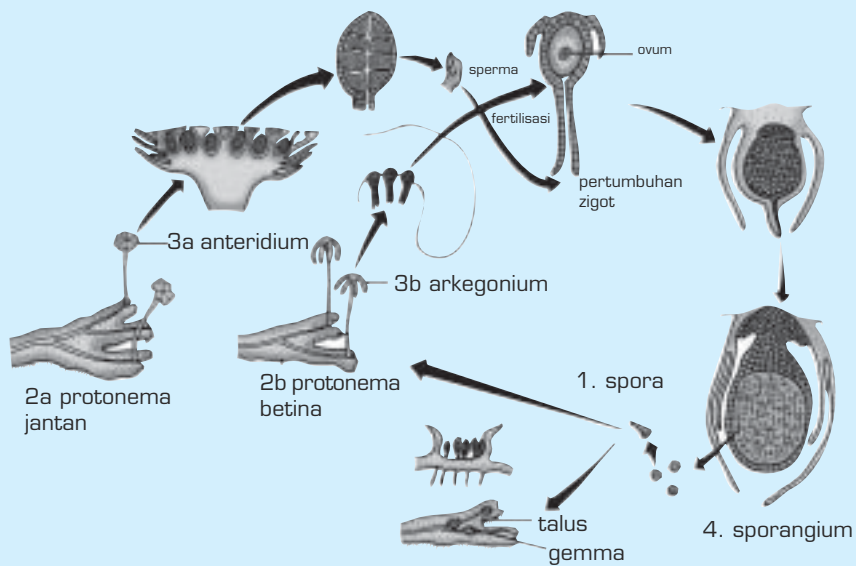


Gambar 7.4 Kelompok Lumut hati

Perkembangbiakan seksual terjadi melalui pembentukan **arkegonium** dan **anteridium**, biasanya tumbuh pada gametofit yang berbeda. Tangkai arkegonium disebut **arkegoniofor**, sedangkan tangkai anteridium disebut **anteridiofor**. Lekukan pada payung pembawa anteridium lebih dangkal dibanding dengan payung arkegonium. Pada tiap lekukan terdapat satu arkegonium, yang tumbuh ke arah bawah. Setelah terjadi pembuahan terbentuk **zigot**, sementara arkegoniofor terus memanjang. Zigot tumbuh menjadi **sporofit** dan terbentuk “kapsul” tempat tumbuhnya spora yang haploid. Spora yang jatuh pada tempat yang sesuai akan tumbuh menjadi benang yang tidak tentu bentuknya dan berfungsi sebagai sel pemula pembentukan gametofit.

Mempelajari Siklus Hidup Lumut Hati

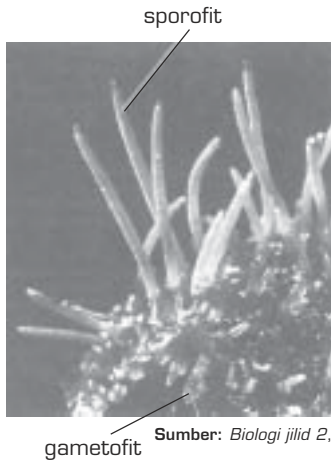
1. Lengkapi keterangan gambar siklus hidup lumut hati berikut ini.
2. Diskusikan pertanyaan-pertanyaan berikut.
 - a. Apa nama alat reproduksi aseksual pada lumut hati? Di mana letaknya?
 - b. Di mana terjadi fertilisasi? Apa yang dihasilkan?



- c. Di mana letak sporangium? Apa yang terjadi dalam sporangium?
- d. Sebutkan berturut-turut generasi haploid dan diploid.
- e. Bagian mana yang disebut gametofit?
- f. Apa yang dimaksud dengan pergiliran turunan?

3. Lumut Tanduk

Di antara semua lumut, lumut tanduk adalah yang paling dekat hubungan kekerabatannya dengan tumbuhan vaskuler. Bentuk tubuhnya mirip lumut hati, tetapi sporofitnya membentuk kapsul memanjang yang tumbuh seperti tanduk.



Sumber: *Biologi jilid 2*, Campbell

Gambar 7.5 Lumut tanduk

Sampai saat ini ketiga divisi lumut itu masih bertahan sebagai tumbuhan darat. Adanya hamparan lumut pada permukaan tanah dapat mencegah erosi. Selain itu, rizoid lumut dapat menembus permukaan batuan. Proses ini secara bertahap membentuk tanah baru. Oleh karena itu, tumbuhan lumut disebut sebagai tumbuhan pionir. Dapatkah kamu sebutkan manfaat lainnya?

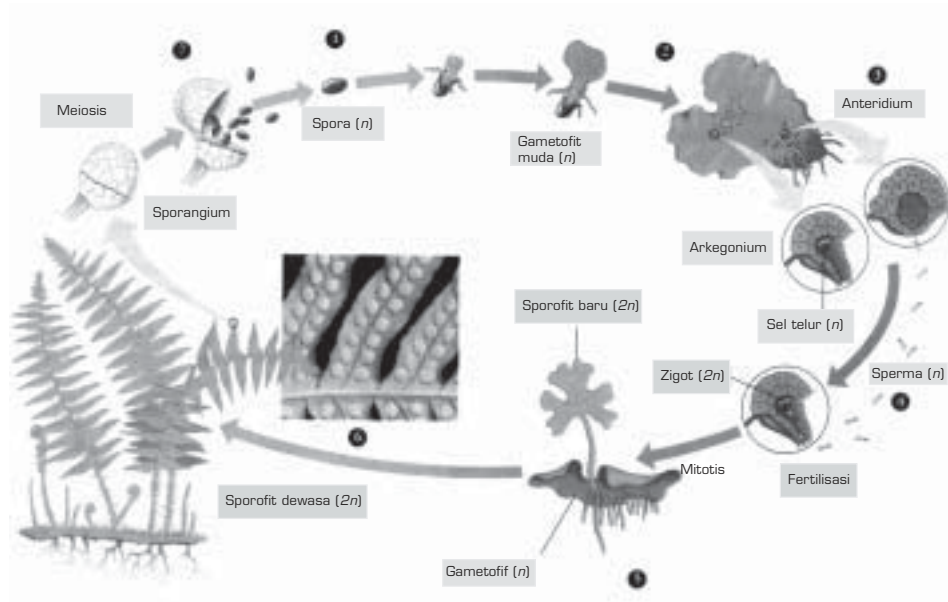
B. Tumbuhan Berpembuluh (Vaskuler)

Susunan tubuh tumbuhan berpembuluh lebih kompleks dibanding dengan tumbuhan tak berpembuluh. Sebagian besar tubuh tumbuhan vaskuler berdiferensiasi menjadi **sistem akar** di bawah permukaan tanah yang menyerap air dan mineral, dan **sistem tunas** (batang dan daun) di atas permukaan tanah tempat terjadinya fotosintesis. Jaringan vaskuler yang terdiri atas sel-sel tubuler, meliputi **pembuluh kayu** (xilem) dan **pembuluh tapis** (floem). Xilem berfungsi untuk menghantarkan air dan mineral dari akar ke daun, terdiri atas sel-sel mati. Floem mengangkut zat-zat makanan hasil fotosintesis ke seluruh tubuh, terdiri atas sel-sel hidup. Dinding sel mengandung lignin, suatu bahan keras yang terdapat dalam selulosa, berfungsi memberi sokongan mekanis. Sel-sel pembuluh kayu memiliki dinding berlignin. Dengan demikian, selain sebagai pembuluh angkut, xilem juga berfungsi sebagai penyokong. Tumbuhan vaskuler diawali oleh **tumbuhan vaskuler tak berbiji**.

Dalam siklus hidup tumbuhan vaskuler tak berbiji terdapat generasi sporofit ($2n$) yang merupakan tumbuhan besar dan kompleks, sedangkan gametofit hanya berupa tumbuhan yang tumbuh di bawah permukaan tanah. Tumbuhan ini memiliki sperma yang berflagel, untuk sampai ke sel telur harus melalui lapisan berair. Oleh karena itu, tumbuhan vaskuler tak berbiji lebih umum ditemukan di habitat yang relatif lembap. Untuk lebih jelasnya kita pelajari siklus hidup tumbuhan pakis (paku) pada Gambar 7.6.

Spora (n) keluar dari sporangium (1), tumbuh menjadi gametofit (n) yang disebut protalium (2). Pada permukaan protalium terdapat anteridium dan arkegonium (3), terjadi fertilisasi dalam arkegonium yang menghasilkan

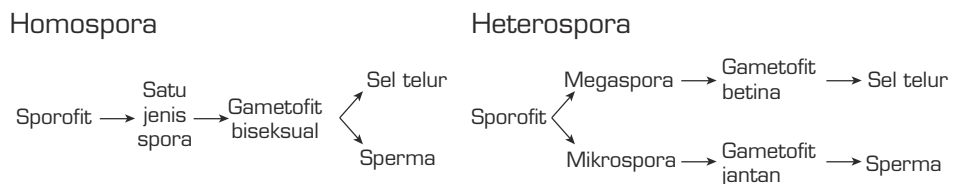
zigot (4), terjadi mitosis dan tumbuh menjadi sporofit (5). Sporofit dewasa ($2n$) memiliki daun yang permukaan bawahnya berbintik-bintik disebut **sorus** (6) yaitu kumpulan sporangium. Di dalam sporangium terjadi pembelahan meiosis, terbentuk spora (n). Spora keluar dari sporangium (7). Apa perbedaan antara sporofit lumut dengan sporofit paku?



Sumber: *Biologi jilid 2*, Campbell

Gambar 7.6 Siklus hidup paku

Pada Gambar 7.6, sporofit menghasilkan satu jenis spora saja, masing-masing spora berkembang menjadi gametofit biseksual yang memiliki dua organ kelamin, yaitu anteridium dan arkegonium. Tumbuhan yang menghasilkan satu jenis spora disebut tumbuhan **homospora**, sebaliknya tumbuhan **heterospora** menghasilkan dua jenis spora, yaitu megaspora dan mikrospora. Megaspora berkembang menjadi gametofit betina dengan arkegonium; sedangkan mikrospora berkembang menjadi gametofit jantan dengan anteridium. Di antara tumbuhan paku, satu-satunya yang heterospora adalah paku air. Berikut ini bagan homospora dan heterospora.



Gambar 7.7 Bagan homospora dan heterospora

Tumbuhan vaskuler tak berbiji mendominasi pemandangan hutan selama masa Karbon, yang dimulai sekitar 360 juta tahun yang lalu. Ada tiga divisi tumbuhan vaskuler tak berbiji yang masih hidup saat ini, yaitu paku kawat, ekor kuda, dan paku sejati.

1. Paku Kawat



Sumber: *Biologi jilid 2*, Campbell

Gambar 7.8 Likofita

Banyak spesies paku kawat yang merupakan epifit pada pohon di daerah tropis, spesies lainnya tumbuh dekat tanah di dasar hutan, di daerah iklim sedang, meliputi daerah timur laut Amerika Serikat. Pada Gambar 7.8 tampak sporofit yang merupakan generasi diploid ($2n$). Tumbuhan kecil ini memiliki rizoma (batang dalam tanah) yang tumbuh horizontal, dan akan menjadi akar dan batang vertikal dan mengandung daun sejati yang memiliki jaringan pembuluh. Sporangia terletak pada daun khusus untuk reproduksi yang disebut **sporofil**.

Pada beberapa spesies, sporofil berkumpul pada ujung cabang membentuk struktur berbentuk gada, disebut **strobili**. Spora yang keluar dari sporangia akan tumbuh menjadi gametofit haploid yang tidak mudah terlihat, dapat hidup dalam tanah selama 10 tahun. Gametofit kecil itu tidak berfotosintesis, makanan diperoleh dari fungi simbiotik. Pada spesies homospora setiap gametofit membentuk arkegonia dengan sel telur dan anteridia dengan sperma berflagela. Paku kawat heterospora membentuk gametofit jantan dan betina yang terpisah. Nama umum untuk paku kawat adalah lumut gada sesuai dengan bentuk strobilus yang menyerupai gada.

2. Paku Ekor Kuda

Divisi tumbuhan ini yang masih bertahan sampai saat ini hanya 15 spesies dari genus tunggal yang disebut ekor kuda (*Equisetum debile*), ditemukan di bumi belahan utara. Pada Gambar 7.9 tampak sporofit, pada ujung beberapa batang terdapat struktur mirip kerucut, yang mengandung sporangia. Pembelahan meiosis terjadi dalam sporangia, dan spora haploid dilepas, kemudian berkembang menjadi gametofit biseksual yang memiliki panjang beberapa milimeter. Apakah ekor kuda termasuk homospora atau heterospora?



Sumber: *Biologi jilid 2*, Campbell

Gambar 7.9 Ekor kuda

Equisetum memiliki rizoma di bawah tanah tempat batang vertikal akan muncul. Batang lurus berlubang memiliki ruas-ruas, dan pada ruas tersebut akan tumbuh daun atau batang kecil. Epidermis mengandung silika, yang menyebabkan tumbuhan tersebut mempunyai tekstur berpasir. Dahulu orang menggunakan batang ekor kuda sebagai alat penggosok.

3. Paku Sejati

Dari semua tumbuhan vaskuler tak berbiji, paku sejati adalah tumbuhan yang paling beraneka ragam. Paku merupakan tumbuhan lapisan bawah di hutan-hutan tropis dan subtropis, mulai dari dataran rendah sampai ke lereng-lereng gunung, bahkan ada yang hidup di air. Tumbuhan paku telah memiliki jaringan pembuluh yang terbentang dari akar, batang, sampai ke daun. Untuk mempelajari struktur tumbuhan paku, lakukan kegiatan berikut.

KEGIATAN 7.2

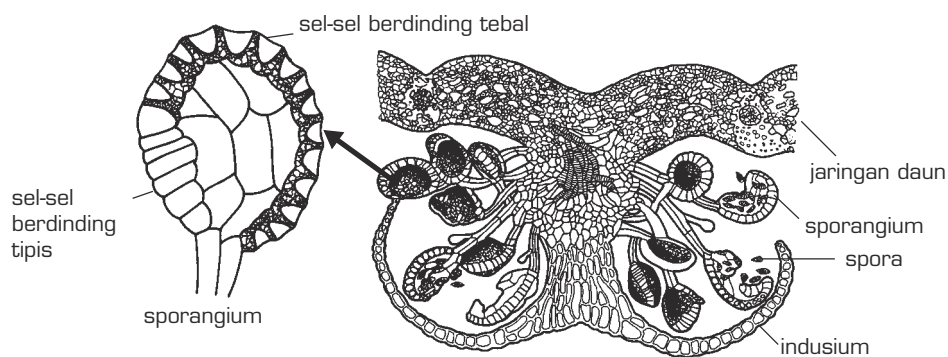
Mengamati Bagian-Bagian Tumbuhan Paku Sejati

Amati tumbuhan paku lengkap dengan bagian-bagiannya. Gunakan lup untuk mengamati kumpulan sporangium (sorus). Kemudian, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

Pertanyaan

1. Di manakah akar tumbuhan paku tumbuh? Mengapa disebut akar serabut?
2. Apakah yang dimaksud dengan rizoma (rimpang)? Sebutkan contoh tumbuhan paku yang memiliki batang yang tegak.
3. Adakah daun yang tidak menghasilkan spora? Apa fungsi daun tersebut?
4. Dengan apa tumbuhan paku berkembang biak?
5. Di daun bagian mana terletak sorus (kumpulan sporangium)?
6. Potonglah secara melintang sebuah sorus, amati dengan lup atau mikroskop. Kemudian, gambarlah penampangnya.

Akar tumbuh dari pangkal batang membentuk akar serabut, pada ujung akar terdapat **tudung akar** (kaliptra). Batang umumnya tumbuh di dalam tanah disebut **rizoma** (rimpang). Beberapa tumbuhan paku memiliki batang yang muncul di atas tanah, misalnya paku tiang (*Alsophylla*). Sebagian besar paku memiliki daun majemuk, bertulang daun yang bercabang-cabang, bertangkai panjang, memiliki mesofil dan stomata. Daun paku tumbuh seiring membukanya gulungan ujungnya yang melingkar seperti kepala biola. Beberapa daun paku merupakan sporofil yang mengandung sporangia pada permukaan bawahnya. Sporangia pada banyak paku tersusun dalam kelompok yang disebut **sorus** (jamak: sori) yang dilengkapi dengan alat yang menyerupai pegas, dapat melemparkan spora beberapa meter jauhnya. Jika sebuah sorus kita potong melintang, akan tampak bagian-bagian seperti tampak pada Gambar 7.10.

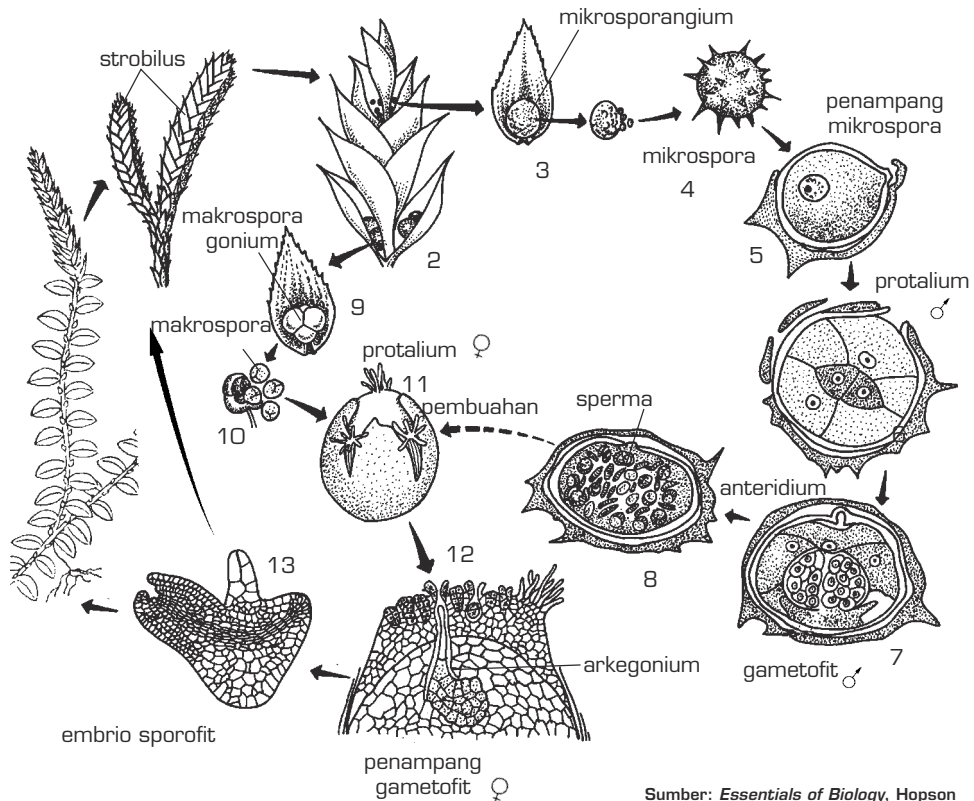


Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 7.10 Penampang melintang sorus

Kotak spora menghasilkan sel-sel induk spora yang kemudian membelah secara meiosis membentuk spora yang merupakan awal dari fase gametofit. Seperti tumbuhan lumut, paku pun mengalami pergantian turunan dalam siklus hidupnya. Pada awal pembahasan tumbuhan vaskuler tak berbiji telah dibahas tentang siklus hidup paku, lihat Gambar 7.6 serta penjelasannya. Berdasarkan gambar tersebut, apakah paku yang digambarkan itu homospora atau heterospora? Buatlah skema pergiliran turunan dalam siklus hidup paku homospora.

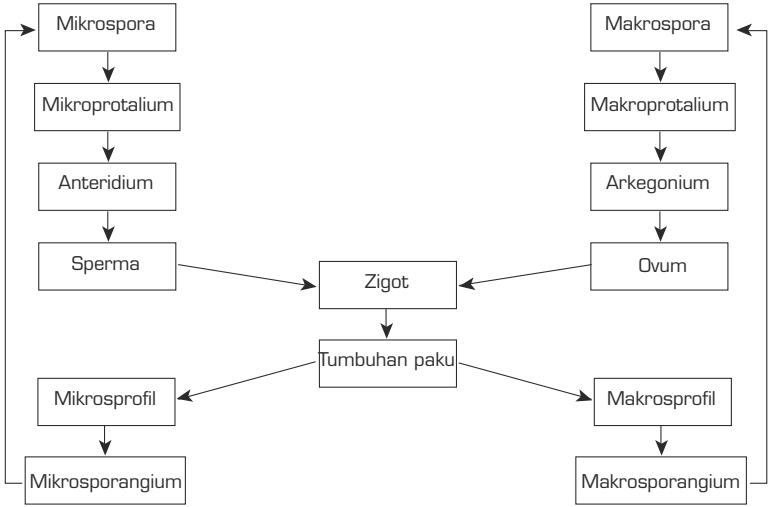
Salah satu contoh paku heterospora adalah selaginella, hidup di air. Paku ini mempunyai dua macam spora, yaitu mikrospora yang kecil berkelamin jantan dan makrospora yang besar berkelamin betina. Sporangium terletak di ujung cabang, dilindungi oleh daun-daun spora, disebut strobilus (jamak strobili). Pelajari siklus hidup selaginella pada Gambar 7.11.



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 7.11 Siklus hidup selaginella

Buatlah penjelasan siklus hidup selaginella berdasarkan Gambar 7.11, mulai dari fase 1 sampai dengan fase 13, pelajari skema berikut.

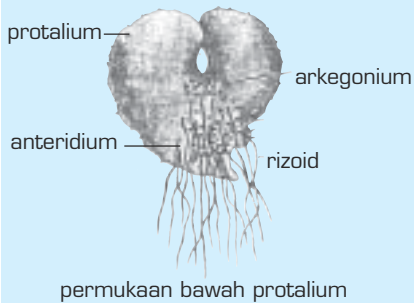
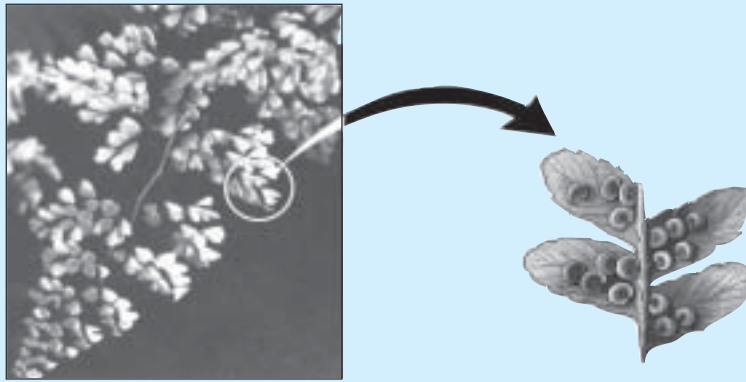
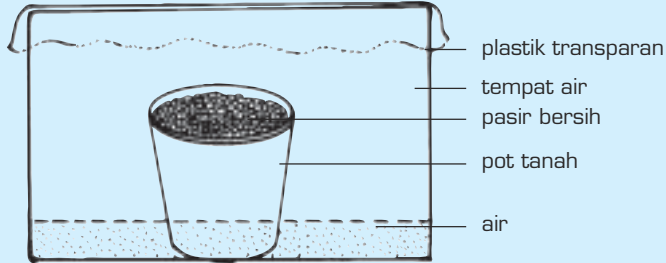


Gambar 7.12 Skema daur hidup paku heterospora

KEGIATAN 7.2

Mengamati Pertumbuhan Spora

Siapkan alat-alat yang diperlukan seperti tampak pada gambar.



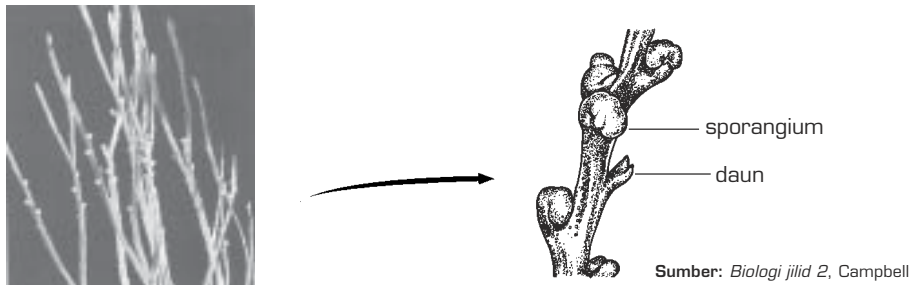
Petiklah daun suplir dewasa (*Adiantum cuneatum*) yang mengandung sorus, kemudian pecahkan sorusnya agar sporanya keluar. Tampunglah spora tersebut dan semai pada permukaan pasir. Letakkan perangkat percobaan pada tempat yang lembap, amati selama kurang lebih dua minggu.

Gambarlah lembaran seperti daun yang tumbuh di permukaan pasir. Lembaran tersebut dinamakan protalium. Amati permukaan bawah protalium (gunakan kaca pembesar atau lup), lalu cocokkan dengan gambar yang tersedia. Teruskan pengamatan protalium sampai tumbuh kecambah.

Pertanyaan

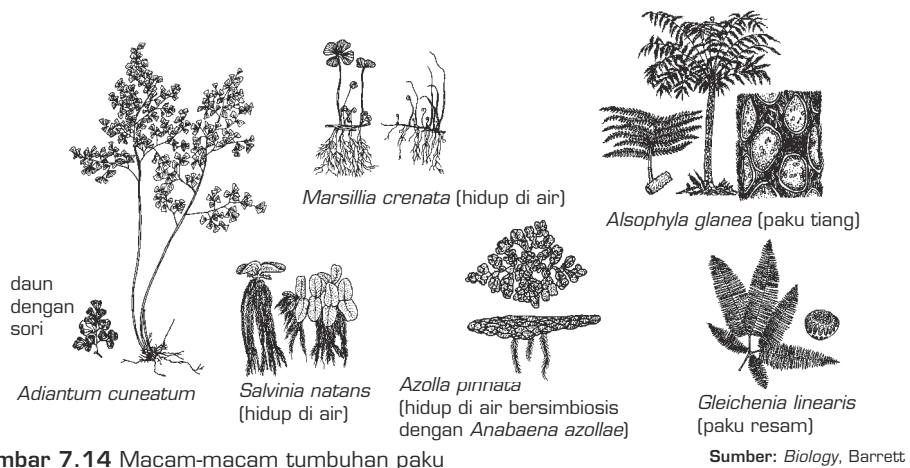
1. Apa yang menghasilkan spora pada tanaman suplir?
2. Spora akan tumbuh menjadi apa? Bagaimana bentuknya?
3. Apa yang terdapat pada permukaan bawah protalium?
4. Apa yang dihasilkan oleh anteridium dan arkegonium?
5. Berdasarkan jawaban pertanyaan no. 3 dan 4, protalium dalam daur hidup paku merupakan fase apa?
6. Berdasarkan tempat tumbuhnya kecambah, di mana terjadinya fertilisasi?

Tumbuhan paku yang paling sederhana adalah **Psilotum**. Tumbuhan ini memiliki jaringan angkut yang primitif dan penyerap makanannya masih berupa rizoid. Batang dan daun masih sederhana, seperti tampak pada Gambar 7.13.



Gambar 7.13 Psilotum

Tumbuhan paku yang paling modern memiliki struktur tubuh yang lebih kompleks, menyerupai tumbuhan biji. Secara umum, daunnya lebih lebar dan tulang daun bercabang. Paku ini banyak jenisnya, di antaranya dapat dilihat pada Gambar 7.14.

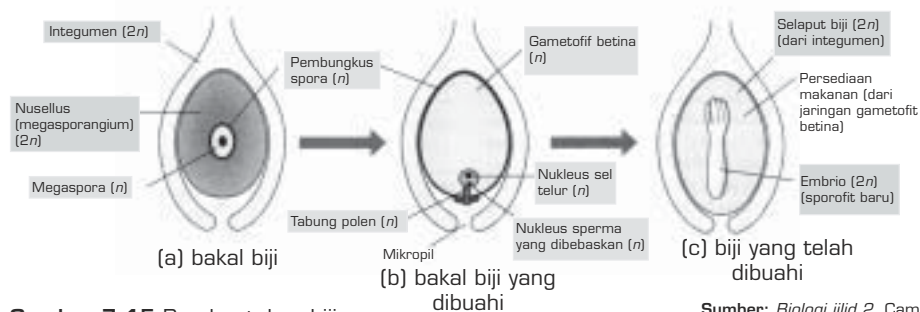


Gambar 7.14 Macam-macam tumbuhan paku

Diperkirakan tumbuhan paku adalah salah satu tanaman tertua. Tanaman ini pernah merajai bumi terutama pada periode karbon sehingga zaman itu disebut **Zaman Paku**. Pada waktu itu tumbuhan paku umumnya berupa pohon-pohonan berukuran raksasa dan membentuk hutan. Runtuhan tumbuhan paku tertimbun dalam air berawa di hutan-hutan sampai beberapa meter tebalnya, kemudian mengendap membentuk sedimen. Sekarang sisanya dapat kita gali sebagai batu bara. Banyak manfaat tumbuhan paku dalam kehidupan manusia, antara lain sebagai tanaman hias, untuk karangan bunga, bahan obat, pupuk hijau (*Azolla pinnata* bersimbiosis dengan *Anabaena azollae* yang dapat mengikat nitrogen bebas dari udara), bahan bangunan, dan alat penggosok.

C. Tumbuhan Berbiji

Pada saat ini tumbuhan berbiji mendominasi permukaan bumi kita. Tumbuhan berbiji meliputi kelompok gymnospermae (berbiji terbuka) dan angiospermae (berbiji tertutup). Sekarang dikenal sekitar 720 spesies gymnospermae dan 250.000 spesies angiospermae. Dapatkah kamu menyebutkan beberapa contoh tumbuhan berbiji? Kelompok tumbuhan ini tubuhnya dapat dibedakan antara **akar**, **batang**, dan **daun**. Pembuluh angkut berupa pembuluh-pembuluh halus, memanjang mulai dari akar, melalui batang menuju daun. Ciri khas tumbuhan biji adalah memiliki biji sebagai alat perkembangbiakan. Kebalikan dari spora yang merupakan sel tunggal, biji adalah struktur multiseluler dan jauh lebih kompleks. Pelajari Gambar 7.14 berikut ini.



Gambar 7.15 Pembentukan biji

Sumber: *Biologi jilid 2*, Campbell

- Sayatan bakal biji suatu sporofit memperlihatkan **nusellus**, megasporangium berdaging, yang dikelilingi oleh suatu lapisan jaringan pelindung yang disebut **integumen**.
- Suatu megaspora berkembang menjadi gametofit betina multiseluler. Mikropil adalah lubang tempat masuknya butir serbuk sari (polen), yang telah membuat tabung polen untuk mengalirkan sperma.

- (c) Fertilisasi akan mengawali perubahan bakal biji menjadi biji, yang terdiri atas suatu embrio sporofit, cadangan makanan, dan lapisan pelindung biji yang diperoleh dari integumen. Spora disimpan dalam sporangium dan gametofit berkembang di dalam pembungkus spora, sementara masih dilindungi dan diberi makan oleh sporofit induk.

Coba kamu bandingkan proses pembentukan spora pada tumbuhan vaskuler tak berbiji dengan proses pembentukan biji pada tumbuhan berbiji.

INFO BIOLOGI

Evolusi Tumbuhan Berbiji



Sumber: *Biologi jilid 2*, Campbell

Biji squash (sejenis labu) yang terawatkan seperti terlihat pada gambar di samping, ditemukan pada tahun 1997 dalam sebuah gua di Oaxaca, Meksiko. Ternyata gua tersebut telah dihuni oleh manusia sekitar 8.000 – 10.000 tahun yang lalu. Biji beserta bentuk buah labu di gua tersebut cukup berbeda dari varietas liar spesies yang sama. Hal ini menunjukkan telah terjadi evolusi tumbuhan berbiji.

1. Tumbuhan Berbiji Terbuka (*Gymnospermae*)

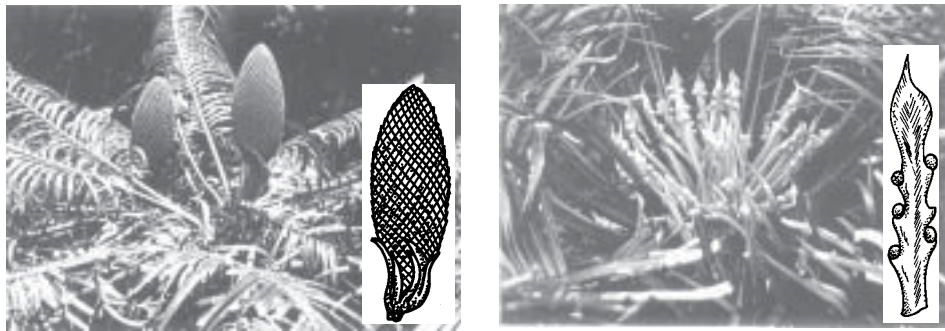
Tumbuhan ini tersebar luas di hutan-hutan dan pegunungan, berupa pohon berkayu yang tingginya dapat mencapai lebih dari 30 meter. Pernahkah kamu melihat pohon pinus? Pohon yang selalu hijau sepanjang masa, kini banyak ditanam di halaman rumah. Disebut tumbuhan berbiji terbuka karena **bijinya tidak dilindungi daun buah** (tidak memiliki ruangan pembungkus).

Bunga sesungguhnya tidak ada, alat perkembangbiakan berupa badan yang disebut **strobilus** (runjung). Strobilus jantan merupakan kumpulan kantung-kantung sari yang berisi serbuk sari yang mengandung sel sperma. Strobilus betina mengandung bakal biji yang berisi sel telur. Bakal biji terbuka, langsung didatangi oleh serbuk sari yang terbawa angin. Batang utama lurus ke atas, berkayu, berkas pembuluh tersusun dalam satu lingkaran dan memiliki kambium. Umumnya batang memiliki saluran resin. Bentuk daun bermacam-macam, kaku, dan mengandung berkas pengangkut. Sistem akar tunggang, cabang-cabangnya menyebar di dalam tanah.

Ada empat divisi gymnospermae yang dapat kita jumpai sampai saat ini, tiga di antaranya adalah divisi yang relatif kecil: Cycadophyta, Ginkgophyta, dan Gnetophyta. Divisi yang paling besar adalah Coniferophyta.

a. Cycadophyta

Tumbuhan ini merupakan tumbuhan biji yang primitif, hidup di daerah tropis dan subtropis. Di Indonesia kita kenal pakis haji (*Cycas rumphii*) merupakan tanaman hias, akarnya bersimbiosis dengan ganggang biru (*Anabaena*) yang dapat mengikat nitrogen (*Anabaena cycadae*). Daunnya tersusun dalam roset batang, menyirip atau berbagi menyirip. Strobilus jantan dan betina terdapat di ujung batang pada pohon yang berbeda (berumah dua). Strobilus jantan dan betina dapat dilihat pada Gambar 7.16.



Sumber: Tetumbuhan

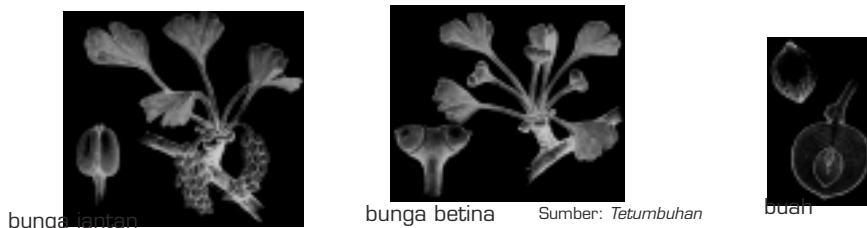
strobilus jantan

strobilus betina

Gambar 7.16 Pakis haji

b. Ginkgophyta

Hanya satu jenis ginkgo yang masih hidup sampai saat ini, yaitu **Ginkgo biloba** yang berasal dari Cina. Pohonnya tinggi, daunnya bertangkai panjang dan berbentuk kipas dengan tulang daun yang bercabang-cabang, dan meranggas dalam musim gugur. Bijinya mempunyai kulit luar yang berdaging dan kulit dalam yang keras. Daunnya dapat dijadikan obat asma dan mengatur tekanan darah. Buahnya dapat dijadikan bahan ramuan untuk makanan tambahan (suplemen) yang berfungsi menjernihkan daya ingat. Ginkgo biloba dapat kamu lihat pada Gambar 7.17.



bunga jantan

bunga betina

Sumber: Tetumbuhan

buah

Sumber: Tetumbuhan

Gambar 7.17 Ginkgo (*Ginkgo biloba*)

c. Gnetophyta



Sumber: *Tetumbuhan*, Pustaka Alam Life

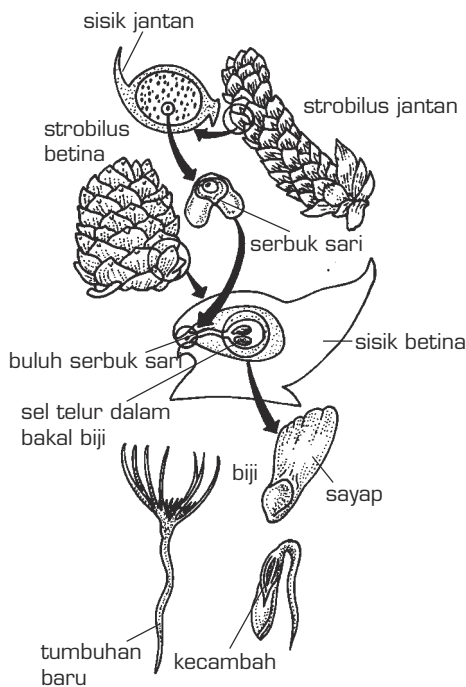
Gambar 7.18 Melinjo (*Gnetum gnemon*)

Di Indonesia dikenal tumbuhan melinjo (*Gnetum gnemon*) yang merupakan anggota dari kelompok ini. Daunnya tunggal, duduknya berhadapan. Batangnya berkayu tanpa saluran resin. Bunga majemuk berbentuk bulir, keluar dari ketiak daun. Buah dan daun muda melinjo dapat disayur, bijinya dibuat emping; dan serabut kulitnya untuk pembuatan jala.

d. Coniferophyta

Tumbuhan yang tergolong divisi ini dapat berupa semak, perdu atau pohon dengan tajuk berbentuk kerucut (*conus*), maka disebut **Coniferophyta**. Divisi ini merupakan kelompok terbesar, yang beranggotakan pohon tertua dan tertinggi di muka bumi. Penyebarannya luas terutama di daerah beriklim sedang dan dingin. Coniferophyta menjadi sangat penting karena merupakan sumber bahan kertas, kayu lunak, bahan bangunan, bahan plastik, pernis, terpentin, damar, dan tinta cetak. Untuk mempelajari daur hidup Coniferophyta, pelajari Gambar 7.19.

Strobilus jantan menghasilkan serbuk sari yang mengandung sel sperma. Dengan bantuan angin, serbuk sari sampai ke bakal biji yang menempel pada sisik strobilus betina. Selanjutnya terbentuk buluh serbuk

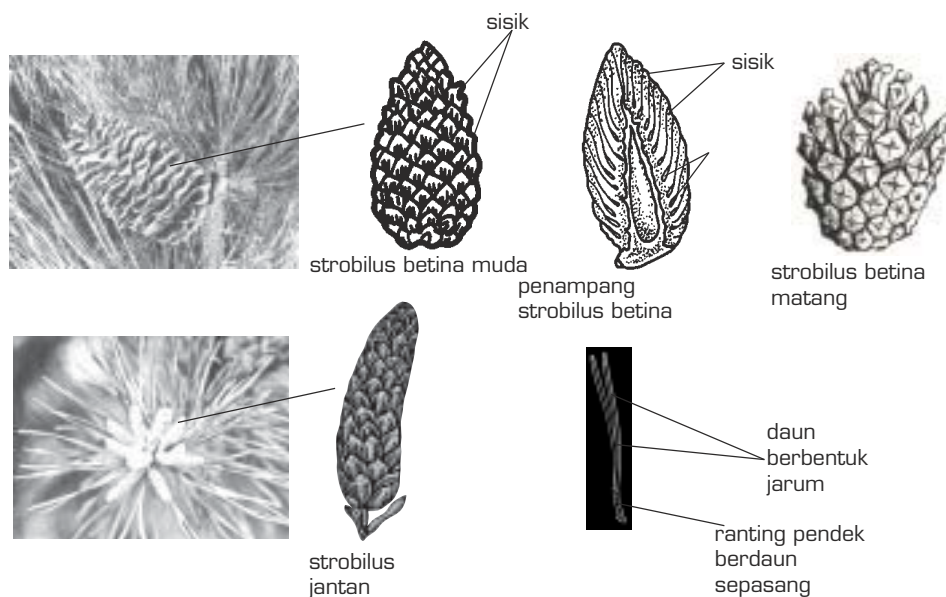


Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 7.19 Daur hidup Coniferophyta

yang membawa sel sperma untuk bertemu dengan sel telur yang ada di dalam bakal biji. Setelah terjadi fertilisasi, terbentuklah biji yang bersayap tipis. Biji diterbangkan angin ke mana-mana, jika jatuh di tempat yang sesuai akan tumbuh menjadi kecambah, dan berkembang menjadi tumbuhan baru.

Pinus banyak ditanam di Indonesia, misalnya **Pinus merkusii** di Sumatra (terutama di Aceh) banyak ditanam di daerah-daerah pegunungan oleh dinas kehutanan untuk menghasilkan terpentin. Gambar 7.20 memperlihatkan sebagian pohon pinus dan strobilus dengan bagian-bagiannya. Tumbuhan ini hampir selalu berumah satu, strobilus jantan terletak di ujung ranting dan strobilus betina lebih ke pangkal cabang. Strobilus betina terdiri atas banyak sisik yang tersusun dalam spiral. Bakal biji terletak di antara sisik-sisik tersebut, setelah fertilisasi tumbuh menjadi biji bersayap tipis. Ranting pendek mirip pasak berdaun dua, berbentuk jarum. Selain pinus, damar (*Agathis alba*) banyak dijumpai di hutan Sumatra dan Kalimantan, getahnya dimanfaatkan masyarakat sekitar sebagai bahan campuran cat.



Gambar 7.20 Pinus

Sumber: *Biology*, Barrett.

KEGIATAN 7.4

Mengamati Tumbuhan Biji Terbuka

1. Amati tumbuhan biji terbuka yang ada di sekitarmu, terutama mengenai daun dan strobilusnya. Buatlah penampang membujur strobilus betina pada pinus untuk melihat letak bijinya.
2. Bandingkan strobilus betina pada pakis haji dengan strobilus betina pada pinus.
3. Buat laporan hasil pengamatanmu, lengkap dengan gambar-gambar.

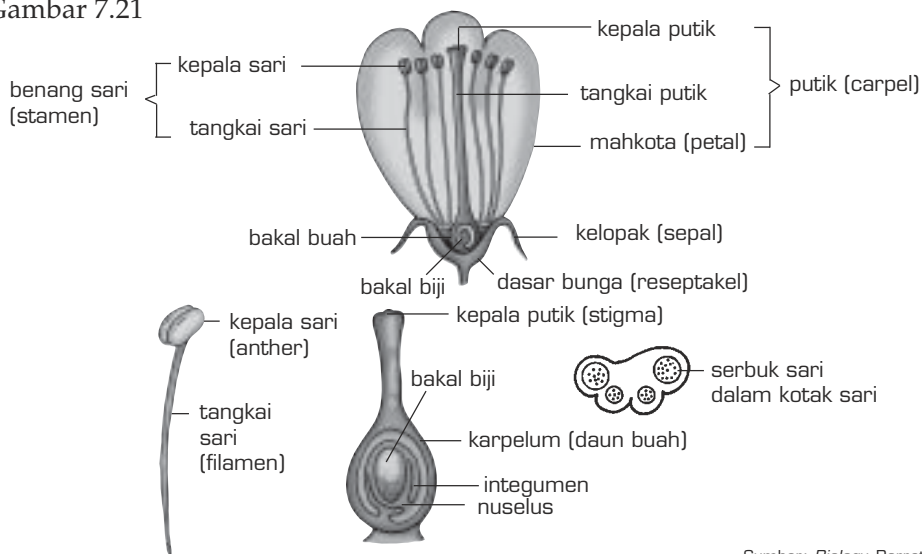
Tugas 7.1

Berdasarkan uraian mengenai gymnospermae dalam bab ini, buatlah rangkuman tentang peranan gymnospermae dalam kehidupan, lengkapi dengan tabel yang berisi contoh-contoh tumbuhan biji terbuka serta peranannya.

2. Tumbuhan Biji Tertutup (Angiospermae)

Angiospermae berarti biji diselubungi oleh suatu badan yang berasal dari daun buah, yaitu **bakal buah**. Semua angiospermae ditempatkan dalam sebuah divisi tunggal Antophyta (tumbuhan bunga). Tumbuhan bunga merupakan tumbuhan yang paling dikenal, lebih dari 95% tumbuhan biji yang ada di bumi adalah tumbuhan bunga. Ukuran tubuhnya bervariasi mulai dari jenis tumbuhan Eucalyptus yang tingginya dapat mencapai 100 m sampai pada rumput-rumput kecil. Banyak manfaat tumbuhan ini, seperti biji-bijian sebagai makanan, sayuran, bahan pakaian, makanan ternak, dan bahan obat-obatan.

Bunga merupakan organ utama bagi tumbuhan ini, melalui warna, bau, dan bentuknya, bunga dapat memikat serangga, burung, dan mamalia yang berguna sebagai perantara dalam penyerbukan. Bentuk dan susunan bunga bermacam-macam, tetapi memiliki bagian-bagian dasar yang sama, yaitu perhiasan bunga (tajuk bunga) dibedakan antara **mahkota** dan **kelopak**, alat perkembangbiakan yang terdiri dari **putik** dan **benang sari**. Putik terdiri atas **kepala putik**, **tangkai putik**, dan **bakal buah** yang berisi **bakal biji**. Benang sari terdiri atas tangkai sari dan kepala sari yang terdiri atas dua kotak sari berisi **serbuk sari**. Untuk lebih jelasnya bagian-bagian bunga dapat kamu lihat pada Gambar 7.21



Gambar 7.21 Bagian-bagian bunga

Sumber: *Biology*, Barrett

Perbedaan struktur bunga bergantung pada cara penyerbukan. Jika cara penyerbukannya dibantu oleh serangga, mahkota dan kelopak besar dengan warna yang cerah, kadang memiliki saluran madu. Jika penyerbukannya dibantu angin, mahkota dan kelopak kecil, bahkan tidak ada, putiknya bertangkai panjang menjulur keluar, atau berbentuk bulu.

KEGIATAN 7.5

Mengamati Penyerbukan Bunga

1. Amati berbagai bunga yang dapat kamu jumpai di sekolah, di perjalanan, dan di rumah, kemudian bagi menjadi dua kelompok.
2. Tuliskan hasil pengamatanmu pada buku latihanmu dalam bentuk tabel seperti berikut.

Tabel Data hasil pengamatan bunga

No.	Nama Bunga	Penyerbukan	
		Dibantu Angin	Dibantu Serangga
1.	Rumput		-
2.		
3.		
4.		
5.		

3. Kemudian salin dan lengkapi tabel di bawah dengan data hasil pengamatan bunga-bunga yang tercantum pada tabel di atas.

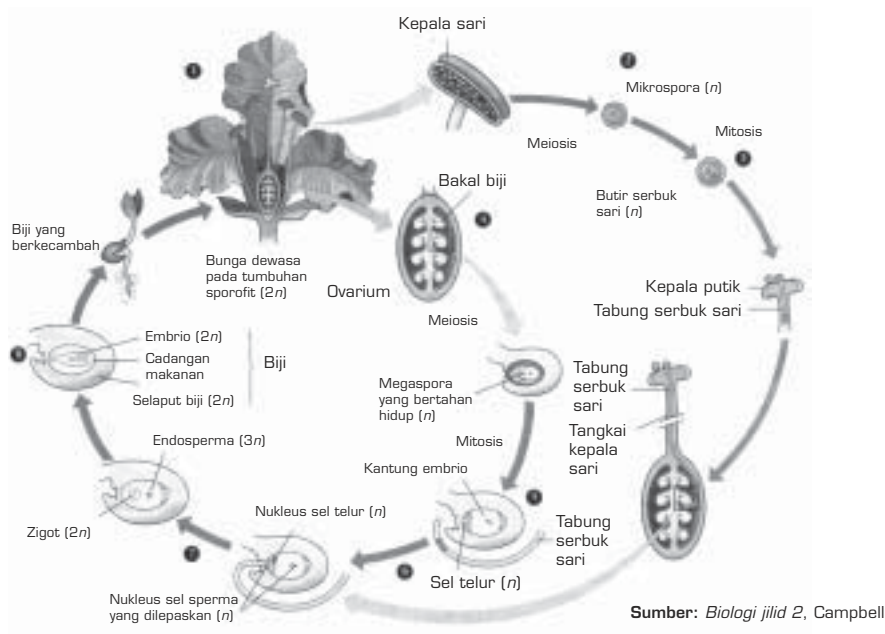
Tabel Data hasil pengamatan bunga

No.	Pembeda	Penyerbukan	
		Dibantu Angin	Dibantu Serangga
1.	Hiasan bunga (warna, bentuk)		
2.	Madu dan bau (ada/tidak ada)		
3.	Benang sari (panjang/pendek/kaku)		
4.	Tepung sari (kering/lengket, ringan, banyak)		
5.	Tangkai putik (panjang/pendek)		
6.	Kepala putik (berbulu, menjulur keluar, datar, lengket)		

Pertanyaan

1. Apa fungsi hiasan bunga yang berwarna cerah/menarik?
2. Bunga apa yang serbuk sarinya ringan dan banyak? Jelaskan.
3. Bagaimana tangkai sari dan kepala sari pada bunga yang dibantu serangga?
4. Apa gunanya kepala putik yang berbentuk bulu?
5. Berdasarkan hasil pengamatanmu, tanaman bunga apa saja yang termasuk bunga yang penyerbukannya dibantu oleh angin atau serangga?

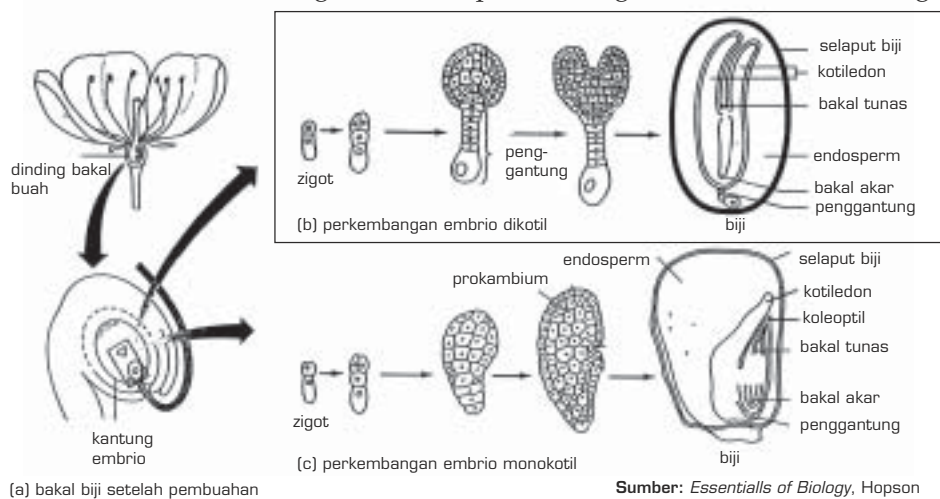
Berbeda dengan gymnospermae yang memiliki bakal biji terbuka, bakal biji tumbuhan bunga letaknya tersembunyi, serbuk sari baru dapat sampai ke bakal biji setelah melalui kepala putik. Kepala putik menghasilkan zat yang dapat melekatkan serbuk sari. Peristiwa melekatnya serbuk sari pada kepala putik disebut **penyerbukan**. Setelah penyerbukan, apa yang terjadi selanjutnya? Pelajari gambar daur hidup tumbuhan bunga pada Gambar 7.22.



Gambar 7.22 Siklus hidup angiosperma

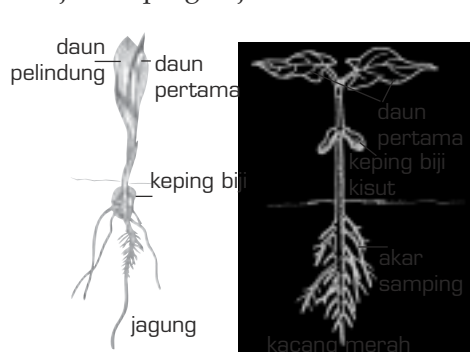
[1] Kepala sari bunga menghasilkan [2] mikrospora yang membentuk [3] gametofit jantan (serbuk sari). [4] Bakal biji menghasilkan megaspora yang membentuk [5] gametofit betina (kantung embrio) di dalam bakal biji. [6] Penyerbukan akan menyatukan kedua gametofit dalam ovarium. [7] Pembuahan terjadi, dan [8] zigot berkembang menjadi embrio sporofit yang dibungkus bersama-sama makanan sebagai biji. Ketika biji berkecambah, embrio tumbuh dan berkembang menjadi sporofit.

Serbuk sari yang melekat pada kepala putik tumbuh menjadi buluh serbuk yang mengantar inti sperma untuk bertemu dengan inti sel telur dalam bakal biji, kedua inti itu melebur dan menghasilkan **zigot**. Peristiwa meleburnya sel kelamin jantan dan sel kelamin betina disebut **pembuahan** (fertilisasi). Fertilisasi pada gymnospermae disebut pembuahan tunggal karena hanya terjadi satu kali pembuahan, yaitu peleburan inti sperma dengan inti sel telur yang menghasilkan zigot, sedangkan pada tumbuhan bunga terjadi pembuahan ganda, pertama peleburan inti sel sperma dengan inti sel telur menghasilkan **zigot**; kedua peleburan inti sperma dengan inti kandung lembaga menghasilkan **putih lembaga** (endosperma) yang merupakan cadangan makanan bagi **embrio**. Zigot berkembang menjadi embrio, kemudian berkembang menjadi kecambah, selanjutnya tumbuh menjadi tumbuhan baru. Gambar 7.23 berikut mengilustrasikan perkembangan embrio tanaman bunga.



Gambar 7.23 Perkembangan embrio tanaman bunga

Pada beberapa jenis dikotil, endosperm diserap oleh kotiledon kemudian menjadi keping biji.



Sumber: *Essentials of Biology*, Hopson

Gambar 7.24 Kecambah

Berdasarkan jumlah daun lembaga (kotiledon) yang dimilikinya, tumbuhan bunga dibagi menjadi dua kelas, yaitu tumbuhan biji berkeping satu (monokotil) dan tumbuhan biji berkeping dua (dikotil). Pelajari Gambar 7.24, sebutkan mana yang merupakan kecambah monokotil dan kecambah dikotil, berikan alasannya.

Tugas 7.2

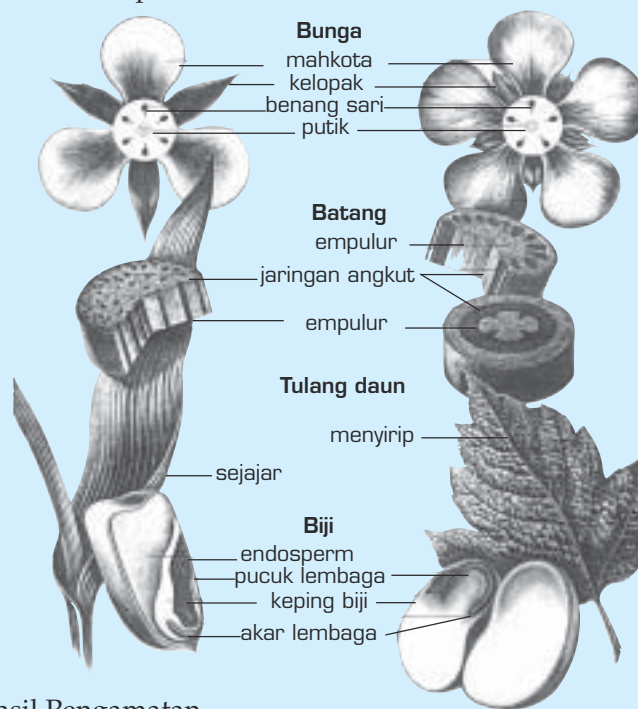
Buatlah bagan siklus hidup Gymnospermae dan berilah keterangannya.

Masih ada beberapa ciri yang membedakan monokotil dengan dikotil, untuk mempelajarinya lakukan kegiatan 7.6.

KEGIATAN 7.6

Membandingkan Monokotil dan Dikotil

1. Pelajari gambar berikut, kemudian tulis hasil pengamatanmu dalam bentuk tabel seperti di bawah.



Tabel Hasil Pengamatan

No.	Pembeda	Monokotil	Dikotil

2. Cocokkan data pada tabel yang telah kamu isi dengan Tabel 7.4 berikut.

Tabel Perbedaan Ciri dikotil dan monokotil

Pembeda	Dikotil	Monokotil
Biji	Biji mempunyai lembaga dengan 2 daun lembaga. Pada waktu berkecambah biji belah menjadi 2 bagian.	Biji mempunyai lembaga dengan 1 daun lembaga, keping biji mengalami metamorfosis menjadi alat pengisap makanan dari endosperm bagi lembaga. Pada waktu berkecambah biji tidak berbelah.
Lembaga/ Kecambah	Akar lembaga tumbuh terus menjadi akar tunggang yang bercabang-cabang dan akhirnya membentuk sistem akar tunggang. Ujung akar lembaga dan ujung pucuk lembaga tidak mempunyai pelindung khusus.	Akar lembaga kemudian mati, disusul dengan pembentukan akar-akar yang kurang lebih sama besar dan keseluruhannya membentuk sistem akar serabut. Ujung akar lembaga dilindungi oleh koleoriza, ujung pucuk lembaga dilindungi oleh koleoptil.
Batang	Batang dari pangkal ke ujung seperti kerucut panjang, bercabang-cabang, buku-buku dan ruas tidak jelas.	Batang dari pangkal ke ujung hampir sama besar, tidak bercabang-cabang, buku-buku dan ruas-ruas batang tampak jelas.
Daun	Daun tunggal atau majemuk, sering kali disertai daun penumpu, jarang mempunyai upih. Daun duduknya tersebar atau berkarang. Tulang daun menjari atau menyirip.	Daun tunggal berupih, kadang-kadang mempunyai lidah-lidah yang dianggap sebagai metamorfosisnya daun penumpu. Daun duduknya berseling atau merupakan roset. Tulang daun sejajar atau melengkung.
Bunga	Bagian-bagian bunga berjumlah dua, empat, atau lima.	Bagian-bagian bunga berjumlah tiga atau kelipatannya.
Anatomi	Baik akar maupun batang mempunyai kambium, sehingga dapat tumbuh membesar (pertumbuhan sekunder). Letak berkas pembuluh melingkar.	Batang maupun akar tidak mempunyai kambium, tidak ada pertumbuhan sekunder. Letak berkas pembuluh menyebar.

3. Amati tumbuhan yang ada di sekitarmu, kemudian kelompokkan berdasarkan cirinya (lihat tabel di atas) menjadi monokotil dan dikotil.

4. Pilih satu tumbuhan dikotil dan tumbuhan monokotil dari tumbuhan yang kamu amati, kemudian buatlah gambar bagian-bagian tumbuhan tersebut, meliputi akar, batang, daun, dan keping biji. Jika memungkinkan gambar pula penampang melintang batang, caranya dengan membuat irisan batang setipis mungkin mungkin sampai terlihat (transparan), kemudian amati dengan menggunakan mikroskop.

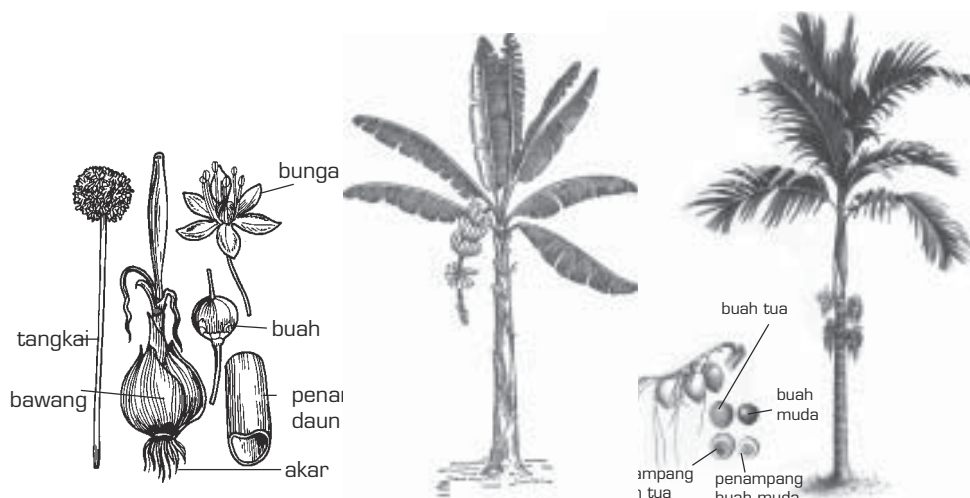
Sayur-sayuran dan buah-buahan yang kita makan kebanyakan berasal dari tumbuhan dikotil. Batangnya berkayu keras, dipakai sebagai bahan bangunan. Hampir semua tumbuhan pelindung merupakan tumbuhan dikotil. Tumbuhan ini meliputi tera (tumbuhan basah), semak, perdu, dan pohon. Dikotil adalah tumbuhan yang paling tinggi keanekaragamannya. Dapatkah kamu sebutkan contoh-contoh lain? Beberapa contoh dikotil dapat dilihat pada Gambar 7.23.



Sumber: Tetumbuhan

Gambar 7.25 Macam-macam dikotil: (a) kapas; (b) petai; (c) buah naga

Di antara tumbuhan monokotil banyak yang memiliki nilai ekonomi tinggi, seperti biji-bijian: padi, jagung, dan gandum merupakan sumber energi bagi manusia. Rumput-rumputan sebagai makanan ternak, secara tidak langsung merupakan sumber makanan bagi manusia. Gambar berikut memperlihatkan beberapa contoh monokotil. Sebutkan contoh-contoh lainnya.



Sumber: Tetumbuhan

Gambar 7.26 Macam-macam monokotil

Tugas 7.3

Lakukan studi literatur secara kelompok, kemudian bandingkan ciri-ciri tumbuhan lumut, tumbuhan paku, dan tumbuhan biji. Buatlah laporannya dalam bentuk tabel seperti berikut!

Tabel Ciri-ciri tumbuhan

No.	Pembeda	Tumbuhan		
		Lumut	Paku	Biji
1.	Struktur tubuh	multiseluler terdiri atas rizoid, gametofit, dan sporofit		
2.	Habitat			
3.	Cara hidup (heterotrof/ autotrof)			
4.	Pembuluh angkut (ada/tidak ada)			
5.	Perkembangbiakan (reproduksi)			
6.	Klasifikasi			

D. Peranan Tumbuhan bagi Kelangsungan Hidup di Bumi

Pada uraian terdahulu telah kita pelajari berbagai manfaat tumbuhan bagi kehidupan manusia, seperti sebagai sumber makanan, bahan obat, bahan bangunan, bahan sandang, bahkan sebagai stabilisator konsentrasi CO₂ di atmosfer. Dapatkah kamu sebutkan contoh masing-masing? Tumbuhan merupakan organisme yang sangat dominan pengaruhnya bagi kelangsungan ekosistem dunia. Pada zaman sekarang, ketika ilmu pengetahuan sudah sangat maju, dan manusia sudah mempunyai konsep tatanan bermasyarakat, peranan tumbuhan tetap tidak tergantikan. Ilmu pengetahuan tentang tumbuhan begitu pesat berkembang sehingga banyak bagian tubuh tumbuhan yang dimanfaatkan oleh para ilmuwan untuk kebaikan dan kepentingan masyarakat.

Pada zaman sekarang, orang tidak dapat lagi memandang peranan apa pun secara sendiri-sendiri. Masyarakat di seluruh dunia harus memandang sains-teknologi sebagai bagian dari masyarakat. Setiap perkembangan yang terjadi pada sains selalu dikaitkan dengan teknologi yang mendukungnya, kemudian dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat. Begitu pula tentang perkembangan ilmu tumbuhan selalu terkait dengan kemajuan teknologi dan berpengaruh pada masyarakat.

Kini para ahli anatomi tumbuh-tumbuhan mengetahui bahwa tumbuhan memiliki sifat totipotensi, yaitu suatu kemampuan setiap sel untuk tumbuh menjadi sebuah individu baru. Pengetahuan tentang totipotensi ini dimanfaatkan para ahli untuk melakukan perbanyakan tumbuhan dengan teknik kultur jaringan. Bagian tumbuhan (daun, batang, bunga) ditumbuhkan dalam “kultur agar” di laboratorium. Setelah tumbuhan menjadi individu-individu baru yang jumlahnya ribuan, tumbuhan siap ditanam di lahan yang sebenarnya.

Teknik kultur jaringan merupakan cara perbanyakan tumbuhan dalam waktu singkat dengan hasil yang banyak. Teknik ini dapat dijadikan solusi untuk mengatasi masalah kekurangan pangan masyarakat. Permasalahannya adalah teknik kultur jaringan membutuhkan biaya tinggi sehingga produk menjadi mahal, kemungkinan besar sulit dijangkau oleh masyarakat. Selain kultur jaringan, dikembangkan juga tanaman transgenik, yaitu tanaman hasil rekayasa genetika, yang akan kamu pelajari pada bab bioteknologi.

Rangkuman

1. Tumbuhan vaskuler memiliki jaringan pembuluh angkut yang terdiri atas xilem dan floem.
2. Tumbuhan lumut termasuk ke dalam tumbuhan nonvaskuler.
3. Dalam siklus hidupnya tumbuhan lumut mengalami pergiliran turunan haploid dan diploid.
4. Pada lumut daun, gametofit merupakan generasi dominan.
5. Tumbuhan vaskuler tak berbiji meliputi 3 divisi, yaitu paku kawat, paku ekor kuda, dan paku sejati.
6. Tumbuhan paku yang menghasilkan satu jenis spora disebut homospora, satu-satunya paku yang heterospora adalah paku air.
7. Tumbuhan biji terbuka meliputi 4 divisi, yaitu Cycadophyta, Ginkgophyta, Gnetophyta, dan Coniferophyta.
8. Strobilus merupakan alat perkembangbiakan tumbuhan gymnospermae.

9. Tumbuhan bunga dibedakan antara monokotil dan dikotil.
10. Gymnosperma mengalami pembuahan tunggal, sedangkan pada angiosperma terjadi pembuahan ganda.

Kata Kunci

Anteridium	Gemma	Psilotum
Arkegonium	Gigi peristom	Rizoma
Dikotil	Kaliptra	Sporofit
Diploid	Kariogami	Stigma
Endosperma	Metagenesis	Terna
Fertilisasi	Monokotil	Zigot
Flagel	Oogonium	Zigospora
Floem	Plasmogami	
Gametofit	Protalium	

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Pertanyaan berikut merupakan ciri Plantae, kecuali
 - A. terdiri atas banyak sel
 - B. memiliki klorofil
 - C. memiliki miselium
 - D. sel-selnya bersifat eukariotik
 - E. hidup secara autotrof

2. Kelompok tumbuhan mana yang merupakan tumbuhan berpembuluh?
 - A. Tumbuhan paku, tumbuhan biji, lumut.
 - B. Tumbuhan biji terbuka, tumbuhan biji tertutup, tumbuhan paku.
 - C. Tumbuhan paku, lumut, alga.
 - D. Tumbuhan biji, lumut daun, lumut hati.
 - E. Tumbuhan biji, lumut, alga.

3. Berikut ini adalah ciri-ciri tumbuhan paku dan lumut.
1. Berkembang biak dengan spora.
 2. Akar berbentuk rizoid.
 3. Mempunyai tunas daun yang menggulung.
 4. Berakar serabut.
 5. Mengalami metagenesis.
 6. Mempunyai berkas pembuluh.

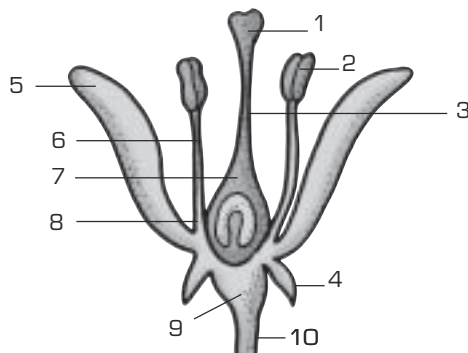
Nomor berapakah yang merupakan persamaan ciri tumbuhan paku dan lumut?

- A. 1 dan 2
 - B. 1 dan 3
 - C. 1 dan 5
 - D. 4 dan 6
 - E. 5 dan 6
4. Melinjo (*Gnetum gnemon*) termasuk ke dalam tumbuhan
- A. biji berkeping satu (monokotil)
 - B. biji berkeping dua (dikotil)
 - C. biji terbuka (gymnospermae)
 - D. biji tertutup (angiospermae)
 - E. paku-pakuan (pteridophyta)
5. Mengapa tumbuhan yang termasuk suku coniferophyta sangat penting bagi kehidupan manusia?
- A. Merupakan sumber makanan dan bahan kertas.
 - B. Dapat menghasilkan minyak kayu putih dan resin.
 - C. Batangnya dapat dijadikan bahan bangunan dan bahan kertas.
 - D. Buahnya dapat dimakan dan batangnya menghasilkan resin.
 - E. Dapat menghasilkan terpentin dan minyak atsiri.
6. Gymnospermae dan angiospermae sama-sama memiliki hal-hal berikut ini, **kecuali**
- A. biji
 - B. serbuk sari
 - C. jaringan pembuluh
 - D. ovarium
 - E. bakal biji

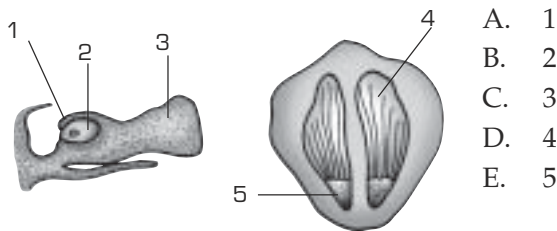
7. Mana di antara pernyataan berikut yang membedakan tumbuhan lumut dan tumbuhan paku?
- Pada tumbuhan lumut spora akan tumbuh menjadi protalium, sedangkan pada tumbuhan paku spora akan tumbuh menjadi protonema.
 - Tumbuhan lumut sudah dapat dibedakan bagian akar, batang, dan daun, sedangkan tumbuhan paku belum jelas.
 - Pada tumbuhan lumut yang umurnya lebih panjang adalah gametofitnya, sedangkan tumbuhan paku sporofitnya.
 - Tumbuhan lumut menghasilkan spora, sedangkan tumbuhan paku menghasilkan biji.
 - Ikatan pembuluh pada tumbuhan lumut sudah jelas, sedangkan pada tumbuhan paku tidak ada.
8. Di dalam daur hidup paku, tumbuhan paku dewasa merupakan
- protalium
 - gametangium
 - sporofit
 - sporofil
 - tropofil
9. Tumbuhan paku yang bersimbiosis dengan kelompok alga biru untuk mengikat nitrogen dari udara bebas adalah
- semanggi (*Marsilea crenata*)
 - Suplir (*Adiantum cuneatum*)
 - paku tiang (*Alsophylla glauca*)
 - paku air (*Azolla pinnata*)
 - paku ekor kuda (*Equisetum debile*)
10. Gametofit jantan suatu angiosperma adalah
- anther
 - kantung embrio
 - mikrospora
 - butiran serbuk sari yang berkecambah
 - bakal biji
11. Buah pada umumnya adalah
- ovarium yang sudah matang
 - kepala putik yang menebal
 - bakal biji yang membesar
 - akar yang mengalami modifikasi
 - gametofit betina yang sudah matang

12. Perhatikan ciri-ciri tumbuhan berikut ini.
- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. Hidup di tempat lembap. | 4. Mempunyai ikatan pembuluh. |
| 2. Mempunyai akar sejati. | 5. Mempunyai klorofil. |
| 3. Menghasilkan spora. | |
- Ciri yang dimiliki oleh lumut adalah
- | | |
|----------------|----------------|
| A. 1, 2, dan 3 | D. 2, 3, dan 5 |
| B. 1, 3, dan 5 | E. 3, 4, dan 5 |
| C. 2, 3, dan 4 | |
13. Pernyataan mana yang sesuai untuk paku homospora?
- Arkegonium dan anteridium terdapat pada satu individu.
 - Hanya mempunyai arkegonium.
 - Hanya mempunyai anteridium.
 - Anteridium dan arkegonium terdapat pada individu yang berbeda.
 - Pembiakan seksualnya dengan konjugasi.
14. Dalam daur hidupnya tumbuhan lumut merupakan
- | | |
|--------------|---------------|
| A. gametofit | D. protalium |
| B. sporofit | E. sporangium |
| C. protonema | |
15. Lumut bermanfaat bagi bersemainya jenis tumbuhan lain karena lumut memiliki kemampuan
- | | |
|----------------------|----------------------|
| A. membentuk pupuk | D. mengikat nitrogen |
| B. menyuburkan tanah | E. sebagai produsen |
| C. menyimpan air | |

Soal nomor 16-18 berdasarkan gambar berikut.



16. Di mana tempat melekatnya serbuk sari agar terjadi fertilisasi?
 A. 1
 B. 2
 C. 3
 D. 4
 E. 5
17. Setelah penyerbukan sperma dibawa ke tempat ovum berada melalui
 A. serbuk sari
 B. buluh serbuk
 C. tangkai putik
 D. tangkai sari
 E. tangkai bunga
18. Di mana letak gamet betina?
 A. 5
 B. 6
 C. 7
 D. 8
 E. 9
19. Pernyataan mana yang merupakan sifat-sifat dikotil?
 A. Berkeping biji dua, tulang daun sejajar, batang berkambium.
 B. Berkeping biji satu, tulang daun menjari, ikatan pembuluh menyebar.
 C. Berkeping biji dua, tulang daun sejajar, ikatan pembuluh menyebar.
 D. Berakar serabut, berkeping biji dua, batang berkambium.
 E. Berakar tunggang, berkeping biji dua, batang berkambium.
20. Berdasarkan gambar di bawah ini, manakah yang merupakan bakal biji pada pinus?



B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Mengapa lumut disebut tumbuhan perintis? Jelaskan.
2. Apa perbedaan daur hidup paku homospor dengan paku heterospor? Jelaskan dengan skema.
3. Apa perbedaan gametofit pada lumut dengan gametofit pada paku?

4. Kebanyakan buah-buahan yang kita makan termasuk tumbuhan dikotil. Sebutkan contoh-contohnya yang kamu kenal. Jika kamu sedang sakit “flu”, buah apa saja yang sebaiknya kamu makan? Berikan alasannya.
5. Buatlah tabel perbedaan ciri antara tumbuhan biji terbuka dan tumbuhan biji tertutup.

C. Kerjakan tugas berikut ini dengan benar.

Kunjungi perkebunan sayuran atau buah-buahan yang ada di daerahmu. Persiapkan berbagai pertanyaan yang meliputi, antara lain pengolahan tanah, benih, pemeliharaan, hasil panen, dan waktu (umur tanaman). Buat laporan singkat mengenai hasil kunjunganmu diakhiri dengan kesimpulan dan saran.

Bab VIII

Dunia Hewan



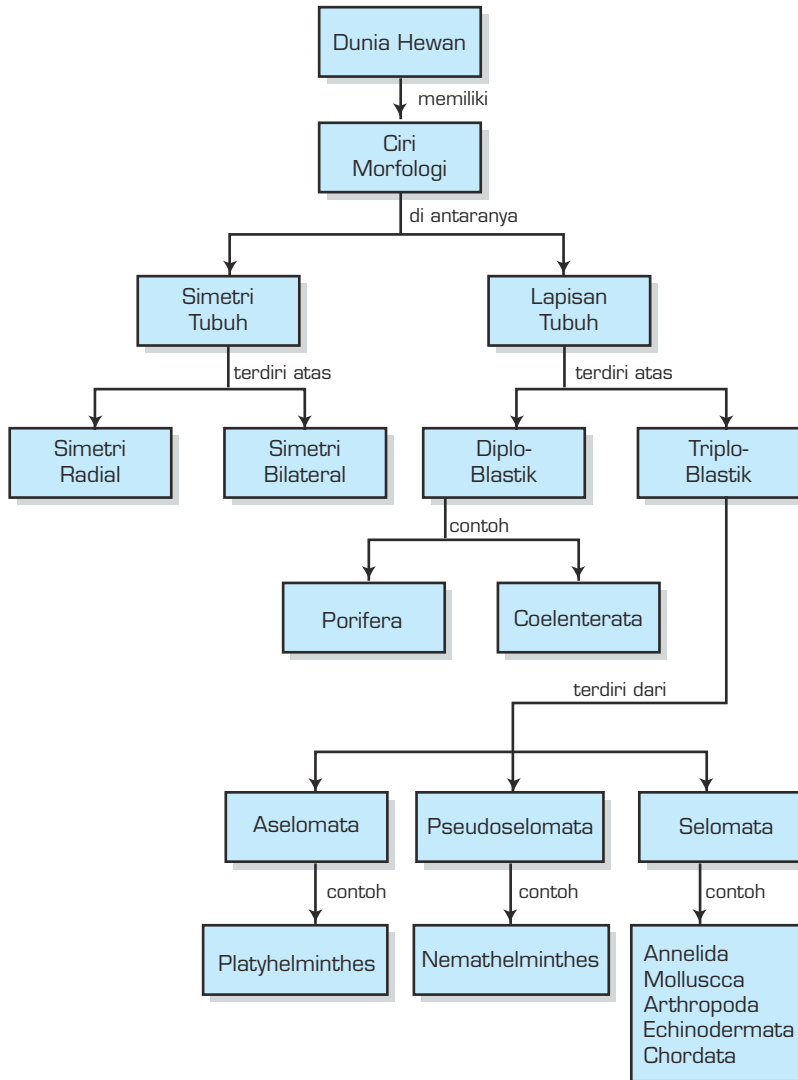
Sumber: *Biology for You*

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. mengidentifikasi, membedakan, dan mengomunikasikan ciri-ciri filum dalam dunia hewan;
2. memberi contoh masing-masing filum dalam dunia hewan;
3. mengidentifikasi peranan filum dalam dunia hewan bagi kehidupan.

PETA KONSEP



Apa yang kamu bayangkan jika mendengar kata hewan atau animalia? Mungkin ada yang membayangkan harimau, gajah, semut, lalat, nyamuk atau hewan lain. Dibanding dengan kelompok-kelompok makhluk hidup yang kita bahas sebelumnya, kelompok ini lebih mudah kita ingat karena ukurannya yang jauh lebih besar sehingga dapat kita lihat tanpa bantuan mikroskop. Namun, apakah benar bahwa semua kelompok hewan dapat kita lihat tanpa bantuan mikroskop? Pertanyaan tersebut akan terjawab setelah kita membahas bab ini. Di samping itu, yang lebih penting pada bab ini kita akan membahas kriteria suatu makhluk hidup dikelompokkan dalam kelompok hewan, dan mengidentifikasi ciri-ciri morfologi filum anggota Kingdom Animalia, bagaimana membedakan ciri-ciri setiap filum dalam kingdom ini beserta contoh-contoh dari tiap filum dan peranannya bagi manusia.

Ciri-Ciri Morfologi Kingdom Animalia

Berbeda dengan organisme autotrof yang mampu mengubah molekul anorganik menjadi molekul organik, hewan heterotrof harus memasukkan molekul organik yang telah terbentuk. Hal tersebut karena hewan heterotrof tak dapat mengubah molekul anorganik menjadi organik.

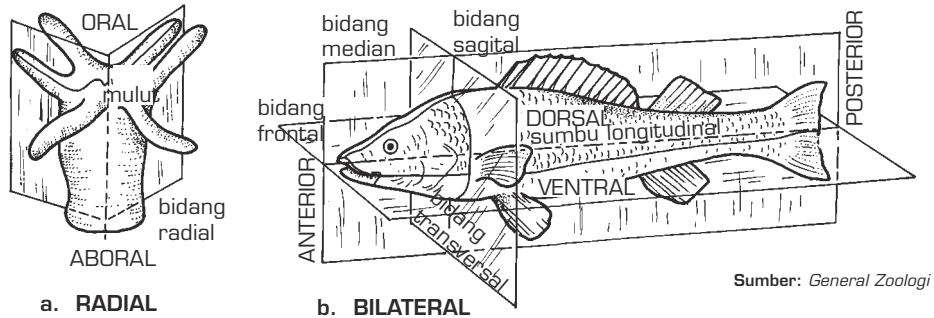
Ciri lain dari hewan adalah tidak memiliki dinding sel yang menyokong tubuh dengan kuat seperti yang dimiliki tumbuhan. Keunikan lain dari hewan adalah adanya dua jenis jaringan yang bertanggung jawab atas penghantaran impuls dan pergerakan, yaitu jaringan saraf dan jaringan otot. Di samping itu, sebagian besar hewan bereproduksi secara seksual.

Kingdom Animalia memiliki anggota yang begitu banyak macamnya, mempunyai bentuk tubuh dan alat-alat tubuh yang bervariasi. Variasi bentuk tubuh dapat dikategorikan dengan melihat bentuk simetri tubuhnya. Berdasarkan simetri tubuhnya, ada yang berbentuk simetri radial, ada pula yang berbentuk simetri bilateral.

Hewan dengan simetri radial artinya mempunyai bagian tubuh yang tersusun melingkar (lihat Gambar 8.1a). Jika tubuhnya dipotong melalui mulutnya, akan dihasilkan potongan-potongan tubuh dengan bentuk yang sama. Hewan dengan simetri radial ini hanya mempunyai bagian puncak yang disebut **sisi oral** dan bagian dasar yang disebut **sisi aboral**. Hewan yang termasuk dalam kelompok ini meliputi **Porifera**, **Coelenterata**, dan **Echinodermata**. Hewan dengan simetri radial ini, sering disebut juga **radiata**.

Hewan dengan simetri bilateral artinya bagian tubuhnya tersusun bersebelahan dengan bagian lainnya (lihat Gambar 8.1.b). Dengan demikian, jika hewan tersebut dipotong melalui mulut dan anus, kita akan mendapatkan bagian yang sama antara sisi kiri dan sisi kanan. Hewan

bersimetri bilateral ini mempunyai sisi atas (**dorsal**) dan sisi bawah (**ventral**), sisi kepala atau sisi depan yang disebut **anterior** dan sisi ekor atau sisi belakang yang disebut **posterior**.

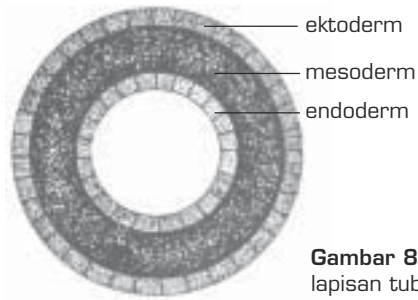


Gambar 8.1 Tipe simetri tubuh, a. simetri radial, b. simetri bilateral

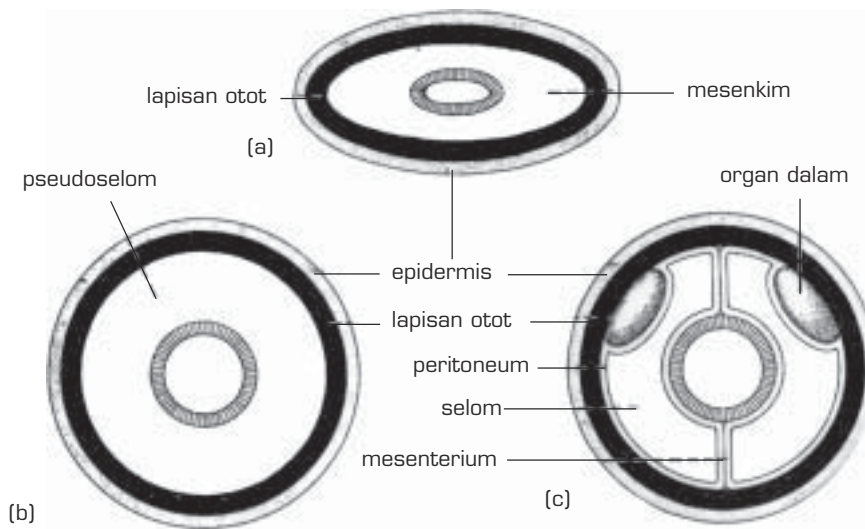
Berdasarkan lapisan tubuh yang menyusunnya, hewan dikelompokkan dalam hewan diploblastik, yaitu hewan yang dibangun oleh dua lapisan lembaga, yaitu ektoderm (epidermis) dan endoderm (gastrodermis), dan hewan triploblastik. Hewan triploblastik mempunyai 3 lapisan lembaga, yaitu ektoderm, mesoderm dan endoderm. Beberapa hewan triploblastik ada yang mempunyai rongga tubuh, tetapi ada juga yang belum mempunyai rongga tubuh. Berdasarkan ada tidaknya rongga tubuh, hewan triploblastik dapat dibedakan menjadi **Aselomata**, yaitu hewan yang belum mempunyai rongga tubuh, artinya tubuhnya padat tanpa rongga antara usus dan tubuh terluar. Pada hewan semacam ini mesoderm membentuk struktur yang kompak sehingga **selom** (rongga tubuh) tidak terbentuk. Contoh **Aselomata**, yaitu Platyhelminthes atau cacing pipih.

Kelompok berikutnya adalah **Pseudoselomata**. Hewan semacam ini mempunyai rongga tubuh semu, mesodermnya belum membentuk rongga yang sesungguhnya karena mesodermnya belum terbagi menjadi lapisan dalam dan lapisan luar. Rongga yang terbentuk berisi cairan yang memisahkan alat pencernaan dengan dinding tubuh bagian luar. Hewan yang termasuk Pseudoselomata adalah Rotifera dan Nematelminthes (cacing gilig).

Hewan triploblastik lainnya adalah yang sudah mempunyai rongga tubuh yaitu **Selomata**. Pada hewan semacam ini, mesoderm dipisahkan oleh rongga tubuh yang terbentuk menjadi dua lapisan, yaitu lapisan dalam dan lapisan luar. Kedua lapisan tersebut mengelilingi rongga dan menghubungkan antara dorsal dan ventral membentuk **mesenterium**. Mesenterium berfungsi sebagai penggantung organ dalam. Hewan Selomata meliputi Annelida sampai Chordata. Untuk lebih memahami penjelasan tentang lapisan-lapisan tubuh dan pembentukan rongga tubuh pada invertebrata dapat dilihat Gambar 8.2a dan 8.2b.



Gambar 8.2a Diagram yang menunjukkan 3 lapisan tubuh pada embrio hewan



Sumber: *Biology*, Barrett

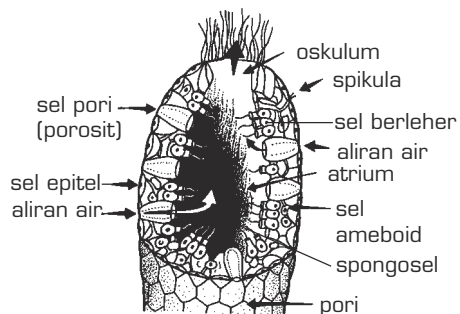
Gambar 8.2b Diagram yang menunjukkan: a. aselomata b. pseudoselomata c. selomata

Selanjutnya akan dibahas semua Fila dalam Kingdom Animalia mulai dari filum yang paling sederhana, seperti porifera sampai filum yang paling kompleks susunan tubuhnya, yaitu Chordata.

1. Porifera

Porifera berasal dari kata **phorus** yang berarti lubang kecil atau pori, dan **ferre** yang berarti mempunyai. Jadi, Porifera dapat diartikan sebagai hewan yang mempunyai pori. Porifera mempunyai sistem kanal atau saluran air untuk mensirkulasikan air dalam tubuhnya. Porifera atau disebut juga hewan spons hampir semua hidup di laut, kecuali satu famili yang hidup di air tawar. Hewan ini merupakan hewan multiseluler atau bersel banyak dan masih primitif yang pada dasarnya adalah diploblastik.

Apa manfaat hewan ini? Hewan-hewan Porifera yang mempunyai rangka berupa spongin, dapat dikumpulkan dan digunakan untuk spons mandi, sedangkan yang lainnya belum diketahui manfaatnya secara ekonomi, tetapi dalam ekosistem tentu mempunyai peran tertentu.

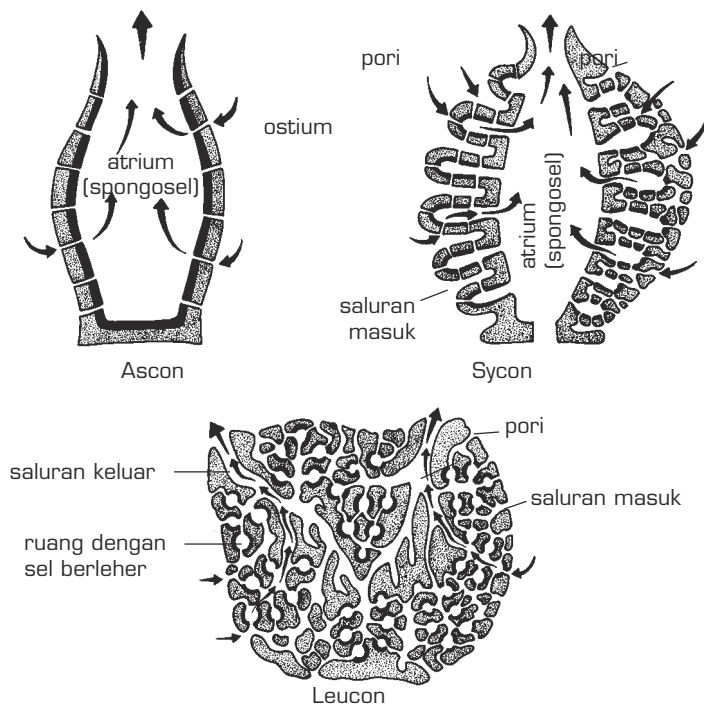


Gambar 8.2
Irisan melintang dinding tubuh Porifera

Sumber: *General Zoology*

Bentuk tubuh Porifera cukup bervariasi, ada yang berbentuk seperti jambangan, piala, terompet, dan ada juga yang bercabang-cabang seperti tumbuhan. Pada bagian tengah tubuhnya terdapat ruangan yang disebut **spongosel (paragaster)** yang merupakan saluran air. Di bagian ujung atas tubuhnya terdapat lubang besar yang disebut **oskulum**. Untuk jelasnya kita pelajari Gambar 8.2.

Lapisan terdalam tubuh Porifera dibangun oleh sel-sel leher (koanosit) yang mempunyai flagela. Sel-sel leher ini berfungsi untuk mencerna makanan. Porifera mempunyai suatu sistem sirkulasi air dengan tipe tertentu. Ada tiga tipe sistem saluran air, yaitu tipe **ascon**, **sycon**, dan **leucon** (Gambar 8.3).



Sumber: *Zoology, McGraw-Hill*

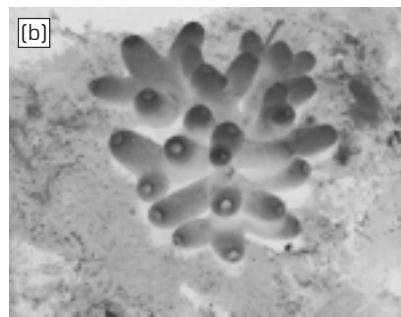
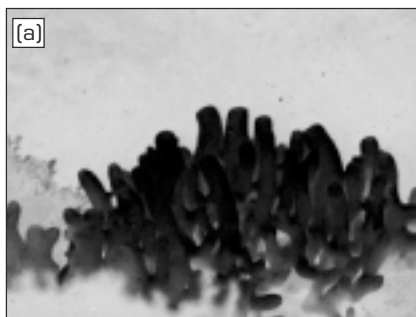
Gambar 8.3 Sistem saluran air pada Porifera

Reproduksi pada Porifera dapat berlangsung secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual terjadi dengan cara pembentukan tunas atau kuncup. Kuncup yang terbentuk dapat langsung dilepaskan, tetapi dapat pula tetap melekat membentuk suatu kelompok besar. Reproduksi aseksual lain dapat terjadi jika kondisi lingkungan kurang menguntungkan, misalnya dalam kondisi kekeringan atau dingin. Dalam kondisi tersebut, porifera dapat membentuk **gemmae** atau **butir benih**. Jika Porifera mati, gemmae ini akan keluar dan tumbuh menjadi individu baru.

Reproduksi seksual terjadi dengan cara penyatuan sperma dan ovum. Pada Porifera, ovum dan sperma diproduksi oleh induk yang sama (**hermaprodit**). Sel telur tidak dibuahi oleh sperma dari induk yang sama, tetapi dibuahi oleh sperma dari induk yang berbeda.

Pengelompokan atau klasifikasi Porifera dilakukan berdasarkan zat penyusun rangkanya. Porifera dapat dibagi menjadi 3 kelas, yaitu:

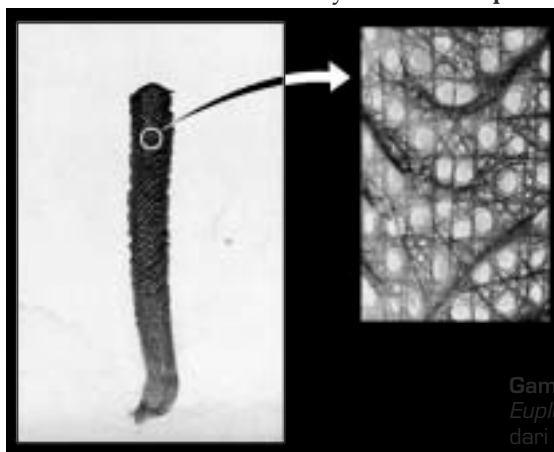
- a. **Calcarea**, yaitu Porifera yang spikulanya dibangun dari zat kapur. Contoh dari kelas ini adalah **Leucosolenia**, **Grantia**, dan **Scypha gelatinosa**.



Sumber: Marine Life

Gambar 8.4 a. *Leucosolenia* sp b. *Scypha gelatinosa*

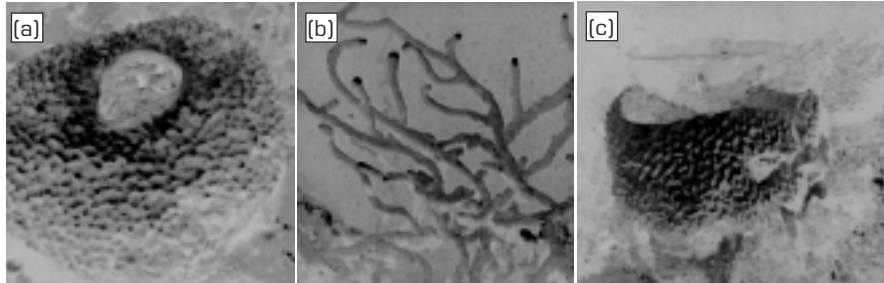
- b. **Hexactinellida**, yaitu Porifera yang spikulanya dibangun dari zat kersik atau silikat. Contohnya adalah **Euplectella**.



Sumber: Marine Life

Gambar 8.5
Euplectella aspergillum yang memiliki spikula dari zat kersik atau silika

- c. **Demospongiae**, yaitu Porifera yang spikulanya dibangun oleh zat kersik dan protein (spongin), atau spongin saja. Jika kamu pergi ke pantai, jenis-jenis dari kelompok inilah yang paling banyak ditemukan. Contohnya adalah *Tethya* sp, *Xestospongea exigua*, dan *Ircinia campana*.



Sumber: *Marine Life*

Gambar 8.6 Beberapa spesies yang termasuk Demospongiae yang ditemukan di pantai
a. *Tethya* sp b. *Xestospongea exigua* c. *Ircinia campana*

KEGIATAN 8.1

Membuktikan Adanya Pori-Pori & Sistem Saluran pada Porifera

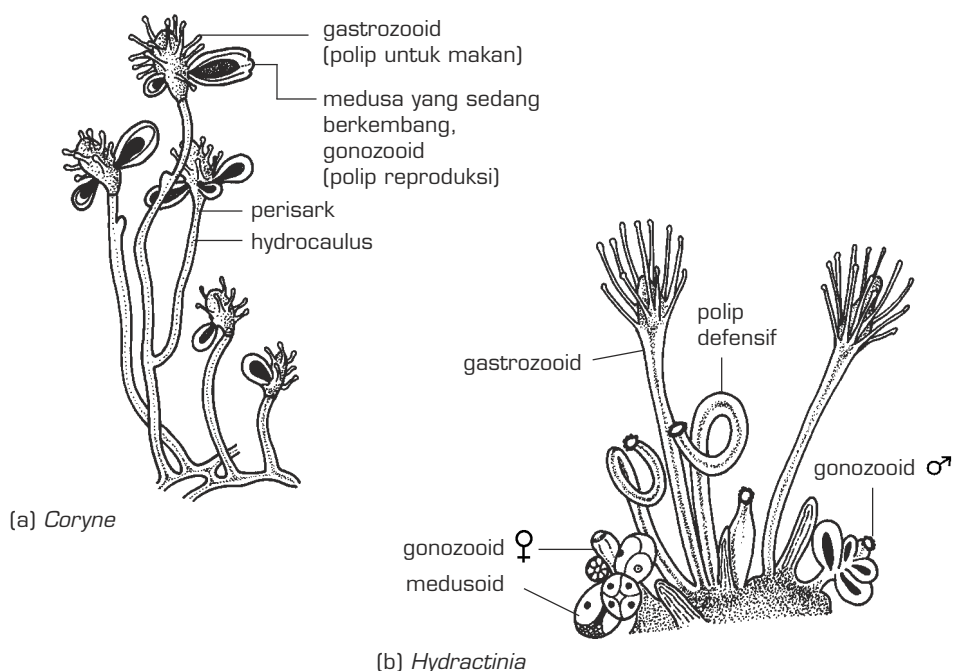
Bagaimana jika kamu ingin membuktikan adanya pori-pori dan sistem saluran pada Porifera? Jika kamu berkarya wisata ke pantai, coba carilah hewan Porifera yang masih hidup! Kemudian, Porifera tersebut diletakkan pada gelas piala berisi air laut. Selanjutnya, di sekitar tubuh hewan tersebut ditetesi dengan cairan zat warna, misalnya eosin. Perhatikan arah aliran air yang masuk dan keluar dari tubuhnya! Mengapa bisa terjadi aliran air tersebut? Diskusikan dengan guru dan temanmu apa yang memungkinkan hal tersebut terjadi, berdasarkan keterangan yang telah diberikan dalam subbab ini!

2. Coelenterata

Coelenterata berasal dari kata **coelon** yang berarti rongga dan **enteron** yang berarti usus. Jadi, Coelenterata berarti hewan berongga. Kelompok hewan ini merupakan contoh hewan diploblastik. Hewan ini kebanyakan hidup di air laut, kecuali beberapa Hydrozoa hidup di air tawar. Coelenterata dapat hidup soliter maupun berkoloni. Bentuk koloni yang mudah diamati adalah **Medusa** yang hidup di laut. Dalam bahasa Indonesia medusa dikenal dengan nama ubur-ubur. Di Jepang, ubur-ubur dimanfaatkan untuk bahan makanan dan bahan kosmetik. Oleh karena itu, di beberapa daerah di Indonesia terdapat pengolahan ubur-ubur yang dijadikan tepung untuk diekspor. Jenis-jenis dari kelas Anthozoa membentuk rumah dari kapur sehingga terbentuklah karang laut yang indah. Karang tersebut dapat membentuk karang pantai, karang penghalang, dan atol.

Karang, selain berfungsi sebagai pelindung pantai, juga merupakan tempat hidup dan berkembangbiaknya berbagai jenis ikan dan hewan laut lainnya. Karena keindahannya, berbagai jenis karang, anemon laut, dan berbagai jenis ikan yang membangun komunitas di daerah pantai dapat dijadikan sebagai tempat wisata bahari.

Coelenterata merupakan golongan hewan diploblastik yaitu mempunyai jaringan ektoderm dan endoderm serta mempunyai simetri radial. Bentuknya menyerupai kantung dengan beberapa tentakel di sekitar mulut. Coelenterata mempunyai dua tipe bentuk tubuh, yaitu **polip** dan **medusa**. Polip hidup soliter atau membentuk koloni. Polip tidak dapat bergerak bebas, hidupnya menempel, sedangkan medusa dapat bergerak bebas.



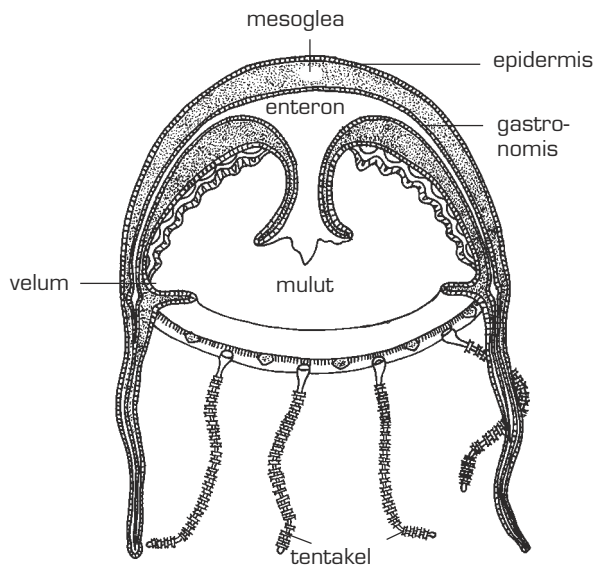
Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.8 Koloni polip pada dua jenis Hydrozoa

Bentuk polip dapat dilihat pada Gambar 8.8. Polip yang membentuk koloni, biasanya mempunyai beberapa macam bentuk dengan fungsi yang berbeda, misalnya polip untuk makan (**gastrozoid**), polip untuk pembiakan dengan menghasilkan medusa (**gonozoid**) dan polip untuk pertahanan. Koloni dengan beberapa macam bentuk polip disebut **polimorfisme**.

Medusa atau ubur-ubur, bentuknya seperti sebuah payung atau lonceng. Fungsi medusa adalah untuk berkembang biak secara seksual. Jadi, dalam medusa dihasilkan testis dan ovarium yang menghasilkan sperma dan ovum.

Tidak semua Coelenterata mempunyai bentuk polip dan medusa. Banyak jenis yang hanya mempunyai bentuk polip. Untuk melihat bagian-bagian tubuh medusa, amati Gambar 8.9!



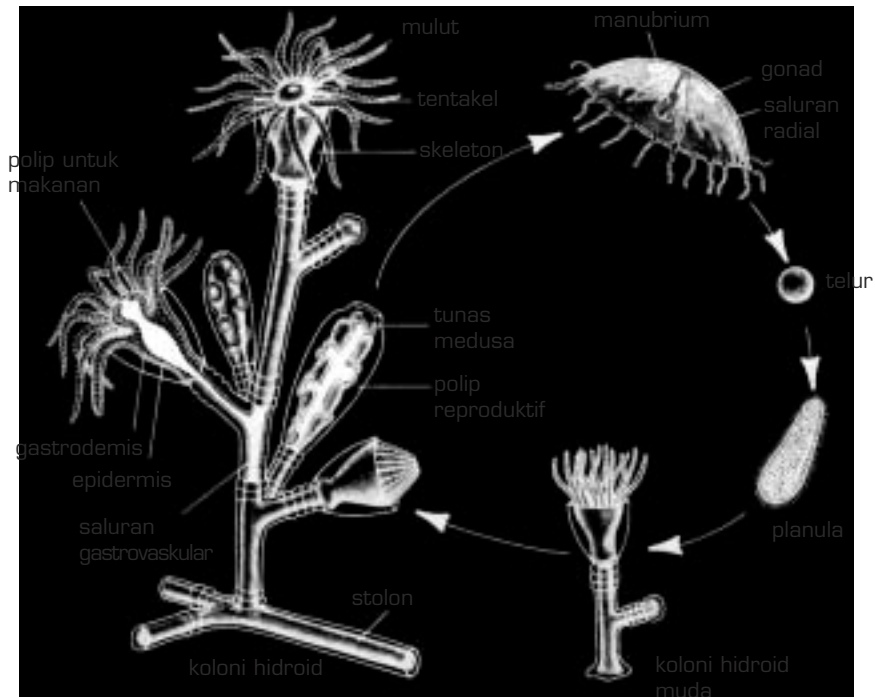
Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.9 Sebuah medusa Hydrozoa

Coelenterata melakukan perkembangbiakan dengan cara aseksual dan seksual. Secara aseksual, Coelenterata berkembang biak dengan menghasilkan tunas atau kuncup yang menempel pada hewan induknya dan kemudian dilepaskan. Secara seksual, hewan ini berkembang biak dengan penyatuan sel telur dan sperma membentuk zigot. Pada beberapa jenis Coelenterata seperti pada **Hydra**, ada yang berumah satu (monoecus), yaitu dalam satu individu dihasilkan sel spermatozoid dan sel telur, dan ada yang berumah dua (dioecus), yaitu spermatozoid dan sel telur dihasilkan oleh individu yang berbeda.

Beberapa Coelenterata mengalami **pergiliran keturunan**. Sebagai contoh, pada kelas **Hydrozoa** mengalami **metagenesis**, yaitu perkembangbiakan seksual yang diikuti oleh perkembangbiakan aseksual dalam satu generasi lihat Gambar 8.10. Pada peristiwa ini, mula-mula spermatozoid keluar dari lubang mulut medusa jantan dan masuk dalam usus medusa betina untuk membuahi sel telur, sehingga dihasilkan zigot. Zigot melekat di sekeliling mulut dan tumbuh menjadi larva yang disebut **planula**.

Coelenterata dibagi menjadi tiga kelas, yaitu **Hydrozoa**, **Scyphozoa**, dan **Anthozoa**. Contoh kelas Hydrozoa, misalnya **Physalia** (Gambar 8.11) kelas Scyphozoa contohnya **Aurelia aurelita** (Gambar 8.12) dan contoh Anthozoa adalah **Acropora** (Gambar 8.13).



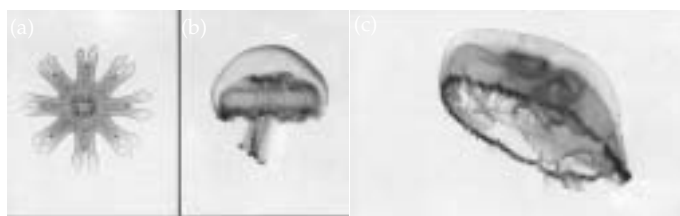
Gambar 8.10. Daur hidup *Obelia*

Sumber: *Invertebrate Zoology*



Gambar 8.11 *Physalia physalis*

Physalia merupakan koloni yang mempunyai bagian tubuh yang berperan sebagai pelampung. Hewan ini mempunyai tiga macam polip dengan fungsi masing-masing. **Gastrozooid** adalah polip yang berfungsi untuk makan, **gonozooid** adalah polip untuk reproduksi, dan **daktilozoid** merupakan polip untuk menangkap mangsa (Gambar 8.11).



Gambar 8.12. *Aurelia*
a. Medusa muda (efira) memiliki mulut yang terletak pada bagian tengah
b. Ubur-ubur muda
c. Ubur-ubur muda pada fase dewasa

Sumber: *Invertebrate Zoology*

Anthozoa ada yang hidup soliter, misalnya macam-macam mawar laut yang dapat ditemukan di pantai dengan laut yang jernih. Akan tetapi, dibanding dengan yang soliter, lebih banyak Anthozoa yang hidup berkoloni dan membentuk rumah dari kapur yang disebut **karang**. Karang ini bentuknya bervariasi dan sangat indah. Sebagai contoh, karang-karang laut yang terdapat di Taman Laut Bunaken sangat indah sehingga merupakan objek wisata yang terkenal dan banyak dikunjungi. Pelestarian terumbu karang, sekarang menjadi suatu program yang sangat digalakkan karena banyaknya kerusakan yang diakibatkan pemanfaatan yang berlebihan. Contoh hewan yang termasuk Anthozoa adalah *Metridium* sp atau mawar laut, *Acropora*, *Meandrina*, dan *Montastrea* (Gambar 8.13).



Gambar 8.13
Contoh hewan yang termasuk ke dalam kelas *Anthozoa*

Sumber: *Marine Life*

Acropora humilis

Montastrea cavernosa

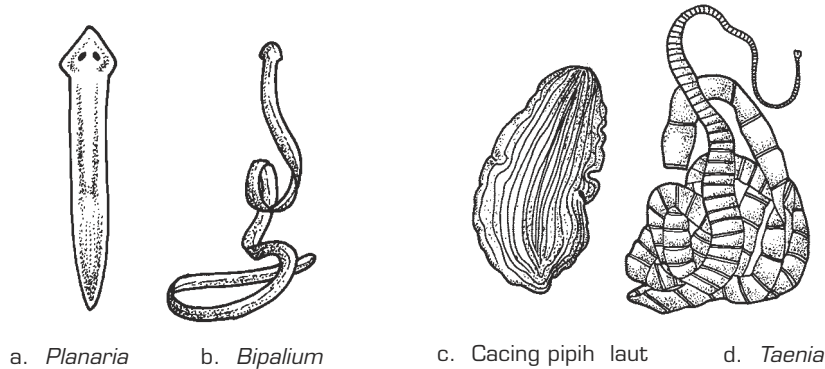
3. Platyhelminthes

Platyhelminthes berasal dari bahasa Yunani, yaitu dari kata **platy** yang berarti pipih dan **helminthes** yang berarti cacing. Jadi, Platyhelminthes berarti cacing pipih. Cacing ini ada yang hidup bebas dan ada yang hidup sebagai parasit. Platyhelminthes yang hidup bebas banyak ditemukan di laut, beberapa hidup di air tawar, dan di tempat-tempat yang lembap. Tubuhnya lunak dan epidermisnya mempunyai silia. Platyhelminthes yang hidup sebagai parasit mempunyai lapisan kutikula, silia yang hilang jika sudah dewasa, mempunyai alat pengisap, dan mungkin memiliki kait untuk menempel.

Platyhelminthes adalah hewan **triploblastik**, artinya, sudah mempunyai tiga lapisan tubuh, yaitu **ektoderm**, **mesoderm**, dan **endoderm**. Namun, Platyhelminthes belum mempunyai rongga tubuh (**selom**). Dengan demikian, cacing pipih termasuk hewan **triploblastik aselomata**. Sesuai dengan namanya, bentuk cacing ini pipih seperti daun atau seperti pita. Struktur tubuh memanjang pipih dorsoventral. Bagian tubuh Platyhelminthes dapat dibagi menjadi bagian anterior (depan/kepala), posterior (belakang/ekor), dorsal (punggung), ventral (perut), dan lateral (samping).

Sistem pencernaannya belum sempurna karena hanya mempunyai mulut tanpa anus, ususnya hanya berupa rongga gastrovaskuler yang terletak di

tengah tubuh. Cacing ini tidak memiliki sistem peredaran darah. Perna-
pasannya dilakukan dengan seluruh permukaan tubuh, dan melalui rongga
gastrovaskuler. Tubuhnya simetri bilateral. Beberapa contoh Platyhelminthes
dapat dilihat pada Gambar 8.14.

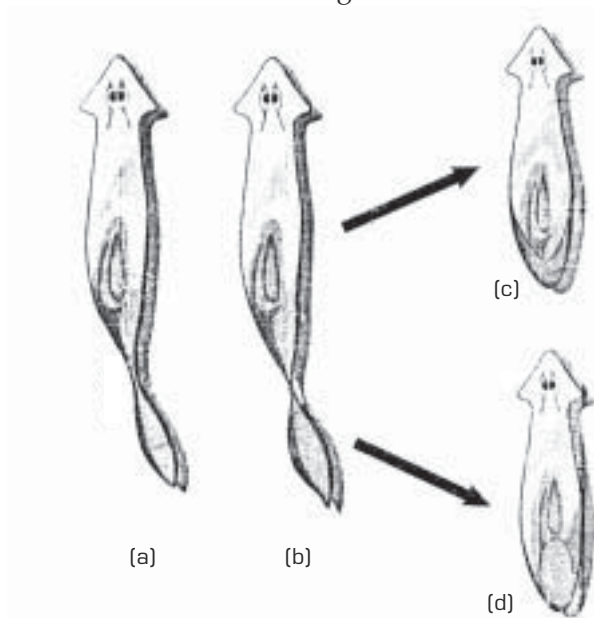


a. *Planaria* b. *Bipalium* c. Cacing pipih laut d. *Taenia*

Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.14 Macam-macam cacing pipih.

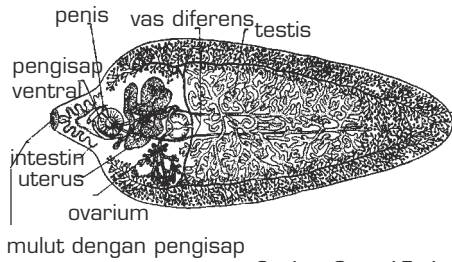
Reproduksi Platyhelminthes dapat terjadi secara aseksual maupun
seksual. Secara aseksual atau vegetatif, yaitu dengan cara pembentukan
individu anak dari bagian tubuh individu induknya (Gambar 8.15).



Sumber: *Zoology, Miller-Harley*

Gambar 8.15 Reproduksi aseksual
pada suatu cacing Turbellaria

Reproduksi platyhelminthes secara seksual terjadi dengan perkawinan silang.
Pada umumnya, cacing ini bersifat **hermafrodit**, yang berarti dalam satu
individu terdapat alat kelamin jantan dan betina. Akan tetapi, seperti telah
disebutkan, perkawinan hanya terjadi antara dua individu yang berlainan.

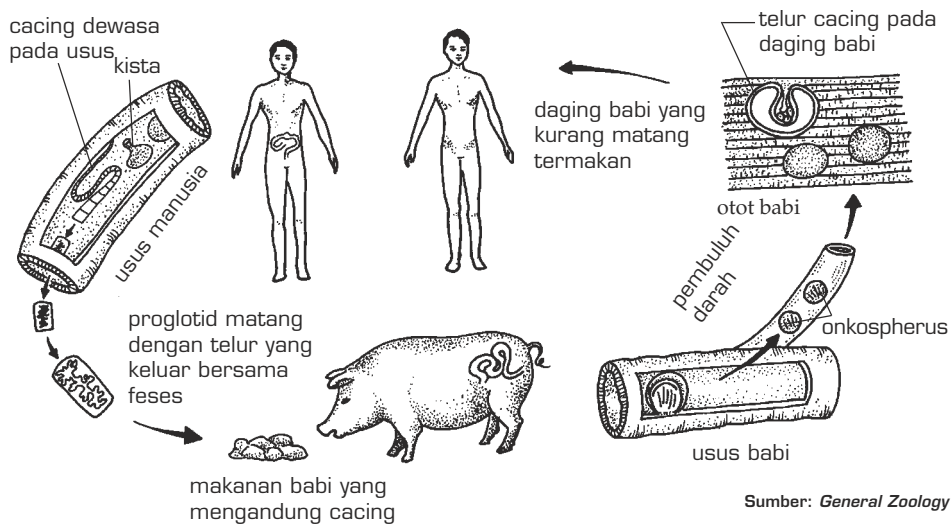


Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.16 Cacing hati (*Fasciola hepatica*)

Platyhelminthes dibagi menjadi tiga kelas, yaitu **Turbellaria** contohnya planaria, **Trematoda** contohnya *Fasciola hepatica* (perhatikan Gambar 8.16), dan **Cestoda** contohnya *Taenia solium* (Gambar 8.17).

Berikut ini kita bahas daur hidup salah satu platyhelminthes yaitu **Taenia solium**. Reproduksi dan daur hidup **Taenia solium** dimulai dari lepasnya proglotid tua bersama feces dari tubuh manusia. Tiap ruas berisi ribuan telur yang telah dibuahi. Kemudian, ruas-ruas tersebut hancur dan telur yang telah dibuahi bisa tersebar ke mana-mana. Zigot terus berkembang membentuk **larva onkosfer** di dalam kulit telur. Jika telur termakan babi, kulit telur dicerna dalam usus, dan larva onkosfer menembus usus masuk ke pembuluh darah atau pembuluh limfe dan akhirnya masuk ke otot lurik. Di otot, larva onkosfer berubah menjadi kista yang terus membesar membentuk cacing gelembung (**sistiserkus**). Pada dinding sistiserkus berkembang skoleks. Jika seseorang memakan daging tersebut yang belum matang, kemungkinan sistiserkus masih hidup. Di dalam usus manusia yang memakannya, skoleks akan keluar dan akan menempel pada dinding usus, sedangkan bagian gelembungnya akan dicerna. Dari "leher", kemudian akan tumbuh proglotid-proglotid. Selanjutnya, proglotid tua akan menghasilkan telur yang telah dibuahi. Untuk memperjelas daur hidup cacing ini, pelajari Gambar 8.17!



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.17 Daur hidup *Taenia Solium* di dua inangnya (manusia dan babi)

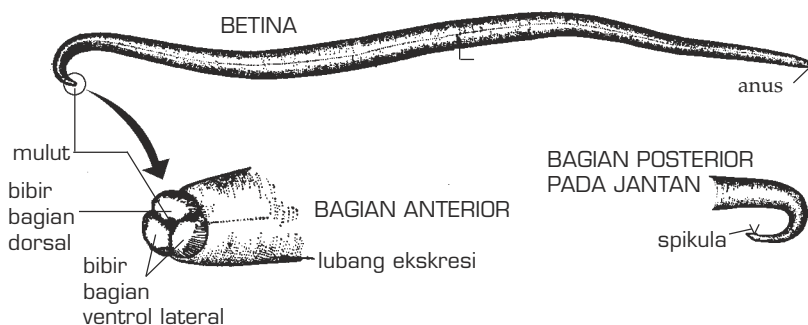
4. Nematelminthes

Nematelminthes berasal dari kata **nematos** yang artinya benang dan **helminthes** yang berarti cacing. Cacing ini sering disebut juga **cacing gilig** karena cacing ini tidak terbagi menjadi segmen-segmen dan dengan bentuk tubuh yang silindris. Cacing ini sudah mempunyai saluran pencernaan yang lengkap dan permanen.

Di antara hewan multiseluler, mungkin hewan ini mempunyai jenis dan individu terbanyak setelah insekta. Cacing ini dapat ditemukan di mana saja. Mungkin, tidak ada kelompok lain yang dapat ditemukan pada semua habitat, seperti halnya cacing ini. Kebanyakan dari cacing ini hidup bebas di air dan di tanah. Cacing yang hidup di tanah kadang-kadang dapat merusak akar tumbuhan. Sebagian jenis lainnya hidup sebagai parasit, baik pada jaringan atau cairan tubuh manusia, hewan, dan tumbuhan. Pada tumbuhan, cacing ini dapat hidup pada akar, biji gandum, getah pohon yang luka. Pada hewan atau manusia, cacing ini dapat hidup di usus, darah, dan organ-organ lain. Kebanyakan dari mereka berukuran kecil, tetapi sebagian kecil ada juga yang sampai berukuran meter. Telur cacing ini berukuran mikroskopik dan tahan terhadap lingkungan yang kurang baik.

Nematelminthes merupakan hewan **triploblastik** yang mempunyai selom semu. Oleh karena itu, digolongkan dalam hewan **triploblastik pseudoselomata**. Seperti disebutkan di atas, cacing ini sudah mempunyai pencernaan sempurna, artinya mempunyai mulut dan anus. Ukuran tubuh cacing ini pada umumnya kecil dan banyak yang mikroskopik. Tubuh bagian luar ditutupi oleh lapisan kutikula. Cacing ini tidak mempunyai sistem sirkulasi (pembuluh darah) dan sistem pernapasan. Cacing betina pada umumnya lebih besar daripada cacing jantan. Gonad biasanya berhubungan langsung dengan saluran alat kelamin.

Untuk mengenal cacing ini, mungkin di sekolahmu ada awetan cacing *Ascaris* untuk diamati. Jika tidak ada kalian dapat mengamati Gambar 8.18. Coba jelaskan perbedaan cacing jantan dan cacing betina!



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.18 Bagan *Ascaris* jantan dan betina

Semua Nematelminthes tidak melakukan perkembangbiakan aseksual. Jadi, perkembangbiakannya dilakukan secara seksual. Alat kelamin jantan dan betina terpisah (dioecius). Cacing betina umumnya berukuran lebih besar daripada cacing jantan. Betina dan jantan juga dapat dibedakan dari ekornya. Pada cacing jantan, bagian ekornya (posterior), di dekat lubang anus, terdapat tonjolan yang disebut **penial setae** yang digunakan untuk kopulasi, sedangkan pada betina tidak ada.

Beberapa jenis Nematelminthes yang hidup parasit pada saluran pencernaan manusia, di antaranya **Ascaris**, **Ankylostoma/Necator**, **Trichiuris**, dan **Enterobius**. Selain itu, banyak pula yang hidup parasit pada saluran pencernaan kuda, kambing, biri-biri, babi, anjing, dan ayam. Cacing **Trichinella** larvanya membuat kista di otot babi, kuda, dan manusia. Cacing **Wuchereria bancrofti** hidup pada pembuluh darah yang dapat menyebabkan penyakit kaki gajah.

Berikut ini contoh daur hidup cacing parasit **Ascaris lumbricoides** pada manusia. **Ascaris lumbricoides** merupakan cacing yang menyebabkan penyakit **ascariasis**. Stadium dewasanya ada pada usus halus manusia. Telur cacing yang telah membentuk embrio, mula-mula keluar bersama feses, kemudian termakan oleh inang (manusia) dan menetas di usus halus menjadi larva kecil. Larva kemudian menembus dinding usus masuk ke peredaran darah dan sampai ke paru-paru. Dari paru-paru, larva sampai ke trakea lalu ke faring. Dari sini larva tersebut dapat tertelan kembali sampai ke usus halus dan menjadi dewasa di sana.

Tugas 8.1

Carilah berbagai informasi tentang penyakit kaki gajah yang disebabkan oleh salah satu anggota Nematelminthes.

5. Annelida

Annelida berasal dari kata **annulus** yang berarti cincin dan **oidos** yang berarti bentuk. Dari namanya, Annelida dapat disebut sebagai cacing yang bentuk tubuhnya bergelang-gelang atau disebut juga **cacing gelang**. Annelida dapat hidup di berbagai tempat, baik di air tawar, air laut, atau daratan. Umumnya hidup bebas, meskipun ada juga yang bersifat parasit. Cacing ini mempunyai tingkatan lebih tinggi dibanding dengan kedua kelompok cacing yang telah dibahas sebelumnya. Annelida adalah hewan triploblastik yang sudah mempunyai rongga sejati sehingga disebut **triploblastik selomata**.

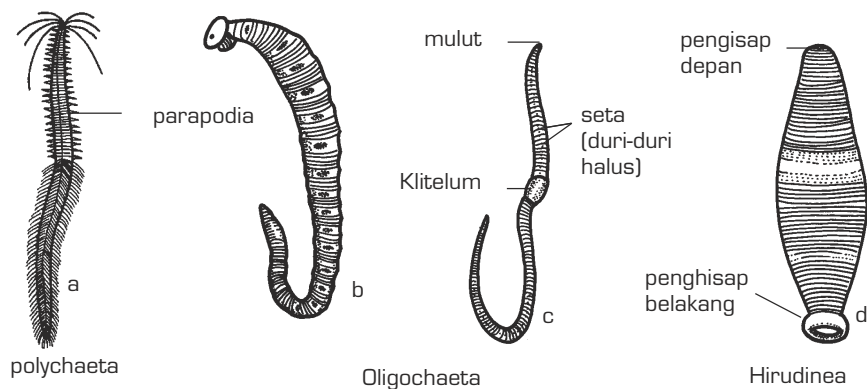
Annelida mempunyai bentuk tubuh simetri bilateral, dengan tubuh beruas-ruas dan dilapisi lapisan **kutikula**. Cacing ini terbagi sesuai dengan ruas-ruas tubuhnya dan satu sama lain dibatasi dengan sekat (**septum**). Meskipun demikian, antara ruas satu dan lainnya tetap berhubungan sehingga terlihat bentuk seperti cincin yang terkoordinasi.

KEGIATAN 8.2

Mengamati Cacing Tanah

Agar kamu dapat mengetahui ciri-ciri Annelida, kamu dapat mengamati seekor cacing tanah. Cacing tanah mudah dicari di tanah yang gembur dan banyak sampah tumbuhan. Cobalah raba tubuhnya. Kamu akan merasakan adanya duri-duri halus. Duri-duri halus itu disebut **seta**. Pada cacing dewasa terdapat bagian tubuh yang agak membesar disebut **klitelum**. Klitelum merupakan alat kopulasi. Coba hitung berapa ruas yang membentuk klitelum!

Setelah kamu mengamati cacing tanah, amati Gambar 8.19! Cacing yang baru kamu amati adalah cacing pada Gambar 8.19.



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 8.19 Macam-macam *Annelida*

Annelida sudah mempunyai sistem pencernaan sempurna yang terdiri atas mulut, faring, esofagus, tembolok, ampela usus halus, dan anus. Selain itu, Annelida juga sudah mempunyai sistem ekskresi berupa nefridia, sistem respirasi berupa kulit atau insang, dan sistem reproduksi.

Annelida terutama bangsa cacing tanah, sekarang ini banyak dipelihara orang untuk makanan ikan dan ternak lainnya karena mengandung protein dengan kadar tinggi. Cacing **Tubifex** yang hidup di air berlimbah organik, sudah banyak dikembangkan dan dapat dikeringkan untuk makanan ikan hias. Di samping itu, cacing tanah dapat membantu menghancurkan sampah karena pada ususnya terdapat enzim selulase sehingga sampah dedaunan dapat dihancurkan. Cacing tanah juga membantu proses aerasi pada tanah.

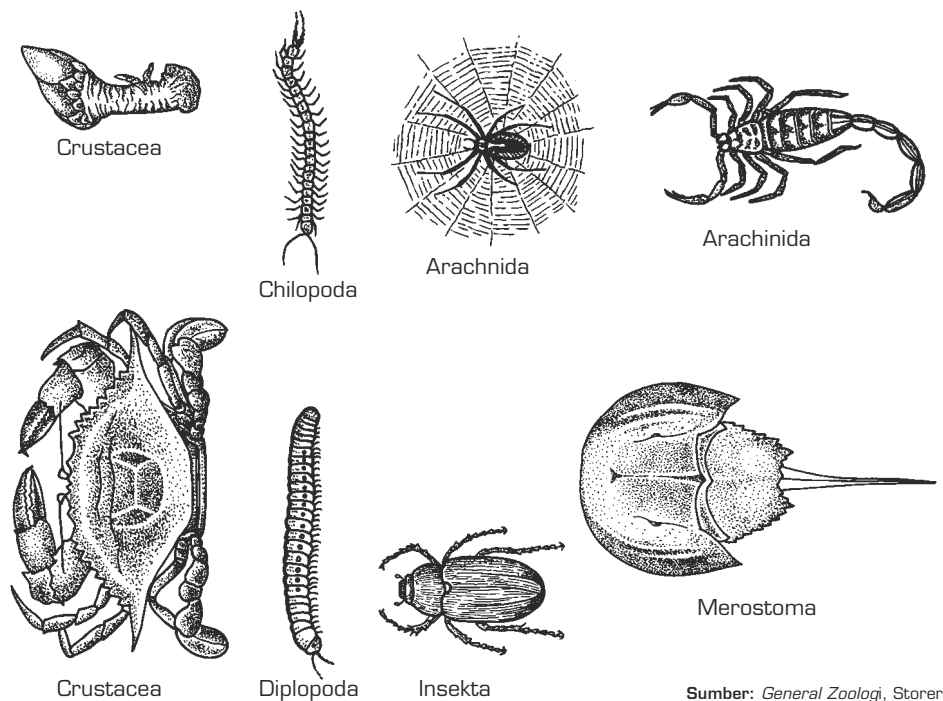
Di pulau-pulau di daerah Pasifik, termasuk Indonesia bagian Timur, beberapa jenis cacing ini, seperti cacing Wawo dan Palolo, bagian tubuhnya dapat dimakan. Pada musim berkembang biak, cacing ini melepaskan bagian tubuh yang menghasilkan gamet. Bagian tubuh ini ramai-ramai dikumpulkan karena dapat dimakan dan menurut mereka rasanya sangat lezat.

Annelida dapat bereproduksi secara seksual maupun aseksual. Annelida bersifat **hermafrodit**, tetapi untuk terjadinya pembuahan tetap harus terjadi perkawinan antara dua individu. Pada saat cacing kawin, terjadi pertukaran sperma. Sperma tersebut, kemudian disimpan dalam **reseptakulum seminis**. Jadi, sperma yang dipakai untuk membuahi sel telur berasal dari cacing lain yang disimpan dalam reseptakulum seminis. **Klitelum** adalah alat yang digunakan untuk **kopulasi**. Alat ini mempunyai kelenjar-kelenjar yang dapat membentuk lapisan lendir yang kuat untuk membentuk kokon. Telur dilepaskan ke dalam kokon, dan akan dibuahi saat kokon meluncur ke depan setelah perkawinan antara dua individu cacing selesai. Setelah itu, kokon lepas dan berisi beberapa butir telur yang telah dibuahi.

Annelida dibagi menjadi tiga kelas, yaitu **Polychaeta**, **Oligochaeta**, dan **Hirudinea**. Pembagian ini didasarkan atas ada tidaknya dan banyak sedikitnya rambut/seta pada tubuhnya. Contoh Polychaeta yang terkenal adalah **Eunice viridis** (cacing palolo) dan **lycidice spec** (cacing wawo). Contoh Oligochaeta adalah cacing tanah (**Lumbricus** dan **Pheretina**) dan cacing air (**Tubifex**). Contoh Hirudinea yang mungkin sering kalian lihat adalah lintah (**Hirudo medicinalis**) yang hidup sebagai parasit pada manusia dan vertebrata lain.

6. Arthropoda

Arthropoda berasal dari kata **arthros** yang berarti sendi atau ruas dan **podos** yang berarti kaki. Jadi, Arthropoda berarti hewan yang mempunyai kaki beruas-ruas. Dilihat dari jumlah spesies ataupun jumlah individunya, Arthropoda merupakan kelompok hewan yang mempunyai jumlah paling besar. Kelompok hewan ini dapat ditemukan hampir di semua habitat, yaitu di air, di darat, maupun di tanah. Macam-macam Arthropoda dapat dilihat pada Gambar 8.20. Hewan ini sering dianggap berkerabat dekat dengan Annelida.



Sumber: *General Zoologi*, Storer

Gambar 8.20 Berbagai macam Arthropoda

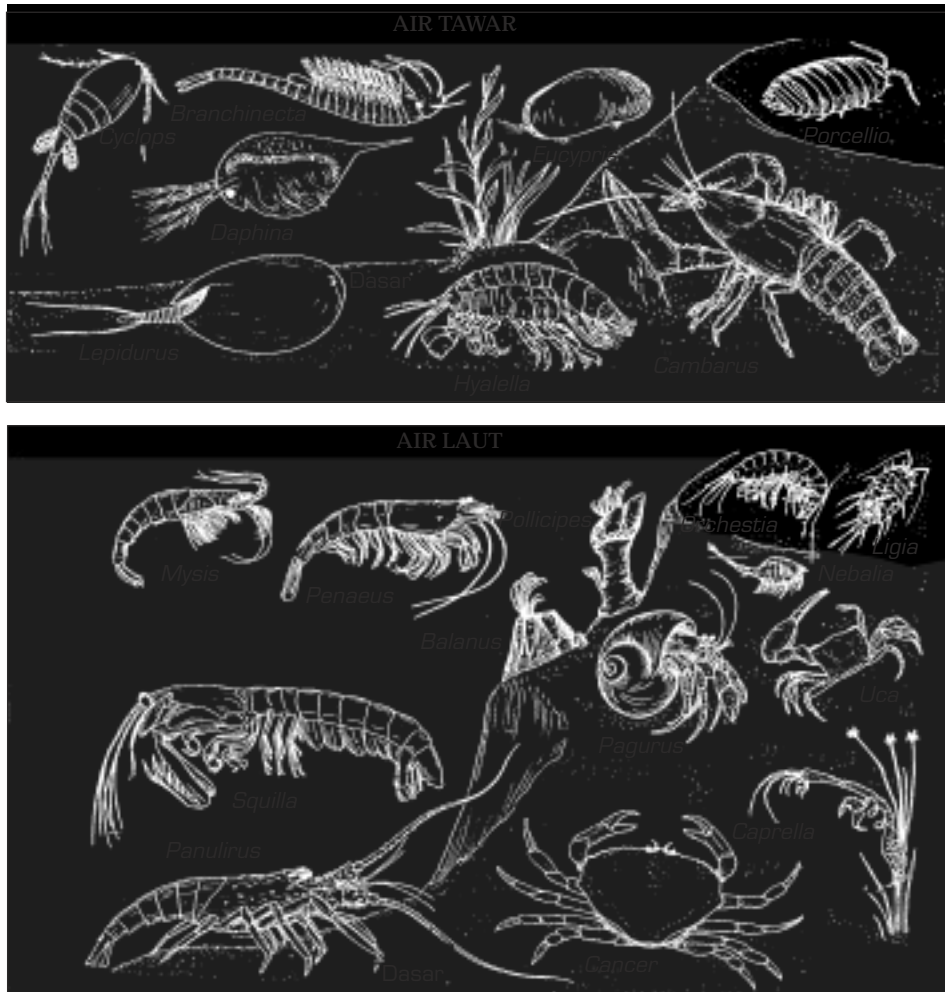
Arthropoda merupakan hewan **triplobastik selomata**. Selain kakinya beruas-ruas, tubuhnya pun beruas-ruas. Di samping itu, tubuh Arthropoda juga mempunyai rangka luar (eksoskeleton) yang terbuat dari bahan kitin. Kerangka luar ini bersendi dan berfungsi menutupi dan melindungi alat-alat dalam serta memberi bentuk tubuh. Arthropoda mempunyai sistem pencernaan yang sudah lengkap terdiri atas mulut, kerongkongan, usus, dan anus. Pernapasan hewan ini dapat dengan menggunakan insang, trakea, permukaan tubuh, atau dengan menggunakan paru-paru buku.

Arthropoda melakukan reproduksi secara seksual maupun aseksual. Secara aseksual dilakukan dengan cara **partenogenesis** dan **paedogenesis**. Partenogenesis adalah peristiwa reproduksi tanpa adanya pembuahan oleh individu jantan, sedangkan paedogenesis adalah reproduksi yang terjadi pada individu muda (bukan dewasa), misalnya pada larva. Sistem reproduksi hewan ini sudah terpisah. Artinya hewan jantan dan hewan betina terdapat pada individu yang berbeda.

Berdasarkan persamaan dan perbedaan struktur tubuhnya, Arthropoda dikelompokkan lagi menjadi 5 kelas, yaitu **Crustacea**, **Insekta**, **Diplopoda**, **Chilopoda**, dan **Arachnida**. Selanjutnya, pembahasan akan dilakukan untuk setiap kelas.

a. Crustacea

Crustacea disebut juga kelompok udang-udangan. Hewan ini pada umumnya hidup di perairan baik di air danau, laut, maupun sungai. Crustacea mempunyai rangka luar dari kitin yang mungkin menjadi keras karena mengandung kapur. Crustacea sering juga disebut hewan bercangkang. Untuk mempelajari macam-macam Crustacea, perhatikan Gambar 8.21!



Sumber: *General Zoology*, Storer

Gambar 8.21 Macam-macam *Crustacea* yang hidup di air tawar dan air laut

Crustacea mempunyai dua pasang antena. Pada umumnya, Crustacea mempunyai kaki satu pasang pada tiap ruas tubuh. Pada udang dan kepiting terdapat 5 pasang kaki jalan. Kaki selain digunakan untuk berjalan, juga dapat digunakan untuk berenang atau menempel di dasar perairan. Kepala mungkin bergabung dengan dada membentuk **kepala-dada** atau **sefalotoraks**. Ukuran

Crustacea sangat bervariasi, dari ukuran plankton yang sangat kecil sampai sejenis kepiting (kepiting laba-laba) yang hidup di dasar laut dengan panjang kakinya kira-kira 3,5 m. Udang laut yang sangat besar dapat mencapai berat lebih dari 10 kg.

Di alam, Crustacea mempunyai peran yang cukup penting. Sebagian besar zooplankton di laut dan samudra adalah Crustacea. Hewan ini terdapat di laut mulai dari pantai sampai laut yang dalam. Crustacea juga mempunyai nilai ekonomi yang sangat penting, karena beberapa jenis tertentu merupakan bahan makanan yang baik bagi manusia, yaitu mengandung banyak protein. Selain itu, juga banyak yang hidup sebagai zooplankton yang menjadi sumber makanan bagi beberapa jenis ikan. Hanya sedikit Crustacea yang bersifat merusak, misalnya ada yang biasa membuat lubang pada kayu bagian luar dari perahu atau kapal.

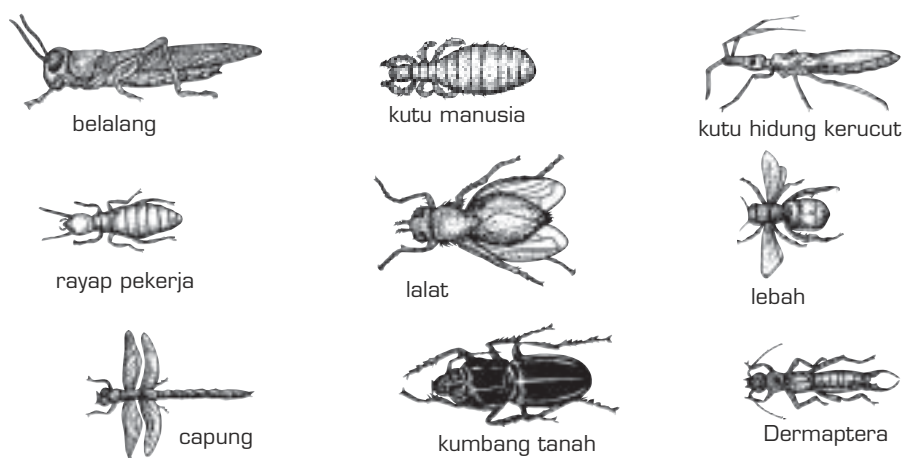
Tugas 8.2

Untuk mempelajari Crustacea, kumpulkanlah berbagai jenis udang-udangan! Jenis yang besar maupun yang mikroskopis dapat diawetkan dalam alkohol 70% atau dalam larutan formalin 5%. Larutan formalin sebaiknya diberi KOH sampai larutan formalin menjadi basa, karena jika tidak diberi KOH, formalin dapat melarutkan zat kapur pada rangka udang atau kepiting.

b. Insekta

Insekta atau serangga mempunyai spesies yang paling banyak jumlahnya di antara semua hewan. Hewan ini dapat hidup di dalam tanah, di darat, di udara, di air tawar atau sebagai parasit pada tubuh makhluk hidup lain. Akan tetapi, hewan ini jarang yang hidup di laut. Insekta sering juga disebut heksapoda yang berarti mempunyai 6 kaki (3 pasang). Tubuh insekta dibagi menjadi tiga bagian, yaitu kepala, dada, dan perut. Pada kepala terdapat satu pasang antena. Dada terdiri atas tiga ruas, dan pada dada ini terdapat tiga pasang kaki yang beruas-ruas. Sayap terdapat pada bagian ini dan pada umumnya ada dua pasang yang terletak di bagian dada ruas kedua dan ruas ketiga. Perut terdiri atas 6 sampai 11 ruas (ruas belakang posterior digunakan sebagai alat reproduksi). Pada beberapa Insekta betina, terdapat alat untuk melepaskan telur serta kantung untuk menyimpan sperma. Pada umumnya ukuran tubuh Insekta relatif kecil berkisar antara 0,2 mm sampai 4 cm. Insekta yang sangat kecil biasanya bersifat parasit dan menghuni bagian tubuh organisme lain. Serangga bernapas dengan sistem pembuluh trakea. Udara dari luar dialirkan melalui pembuluh trakea langsung ke jaringan. Berdasarkan gambar belalang yang ada pada Gambar 8.22, amati dan cocokkan ciri-ciri serangga yang telah dijelaskan di atas.

Insekta dibagi dalam sejumlah ordo, tetapi ordo yang paling banyak terdapat di sekitar kita dan mudah kita lihat, hanya beberapa saja. Ordo-ordo tersebut dapat dibedakan hanya dengan mengamati sayap dan alat mulutnya. Ordo dalam serangga, di antaranya adalah Apterigota (contohnya kutu manusia dan kutu daun), Orthoptera (contohnya belalang daun, kecoak dan jangkrik), Isoptera (contohnya rayap atau laron), Hemiptera (contohnya kepik dan walang rangit), Homoptera (contohnya wereng dan tonggeret), Odonata (contohnya capung), Coleoptera (contohnya kumbang perisai dan kunang-kunang), Lepidoptera (contohnya kupu-kupu dan ngengat), Diptera (contohnya lalat dan nyamuk), dan Hymenoptera (contohnya lebah dan semut rangrang). Contoh macam-macam serangga dari ordo yang disebutkan, dapat dilihat pada Gambar 8.22.



Gambar 8.22 Macam-macam insekta

Sumber: *General Zoology*, Storer

KEGIATAN 8.2

Mengidentifikasi Insekta dengan Menggunakan Kunci Determinasi

Setelah mengamati gambar-gambar serangga, pergilah ke lapangan untuk mengumpulkan serangga dan tentukan ordonya dengan memakai kunci determinasi di bawah ini.

Kunci Determinasi sederhana untuk menentukan ordo serangga

- | | | |
|-----|---|----------------|
| 1a | Serangga tidak bersayap | 2 |
| 1b | Serangga bersayap | 3 |
| 2a. | Serangga berupa ulat atau belatung | larva serangga |
| 2b. | Kaki tiga pasang, tidak mempunyai kaki semu (prolegs) | apterigota |

3a Sayap belum tumbuh secara sempurna nimfa serangga
(metamorfosis tidak sempurna)



3b Sayap sempurna 4



4a Sayap depan liat, tidak transparan, urat-urat sayap masih jelas
..... (Orthoptera)

4b Sayap tidak seperti di atas 5

5a Sayap depan keras, tanpa urat Coleoptera



5b Sayap depan tidak seperti di atas 6

6a Sayap depan bagian muka tebal dan bagian belakangnya seperti
selaput alat mulut menusuk mengisap Hemiptera



6b Sayap depan tidak seperti di muka 7

7a Sayap depan mungkin warnanya berbeda-beda dengan sayap
belakang atau transparan, urat sayap jelas, atau tidak bersayap alat
mulut menusuk-mengisap Homoptera



7b Sayap tidak seperti di atas 8

8a Sayap depan mengeras dan pendek, bagian belakang abdomen (perut) mempunyai alat penjepit Dermaptera



8b Sayap tidak seperti di atas 9

9a Sayap muka dan sayap belakang hampir sama besar berurat banyak, mempunyai bintik (pterostyma), mata besar, antena tidak tampak (pendek) odonata



9b Sayap tidak seperti di atas 10

10a Sayap urat-uratnya direduksi, sayap depan lebih besar dari sayap belakang, sayap depan dan sayap belakang dihubungkan dengan kait-kait, mungkin tidak bersayap antara dada dan perut ada penggantungan Hymenoptera



10b Sayap tidak seperti di atas 11

11a Sayap depan dan sayap belakang transparan, tetapi tertutup oleh sisik-sisik yang berwarna warni, alat mulut mengisap berupa belalai Lepidoptera



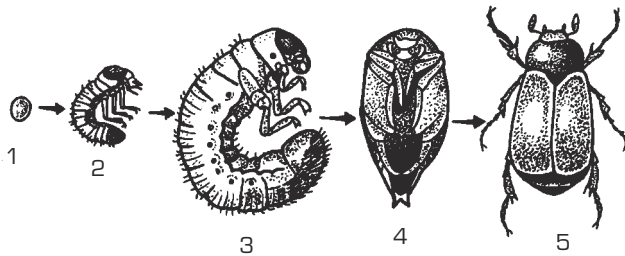
11b Sayap depan transparan satu pasang, sayap belakang berubah menjadi semacam pentungan kecil (halter) Diptera



Setelah kamu mengumpulkan serangga dan diketahui ordonya, catat pula ada berapa jenis serangga yang kamu temukan untuk setiap ordo. Apakah makanan serangga-serangga tersebut? Serangga mana yang paling banyak kamu temukan?

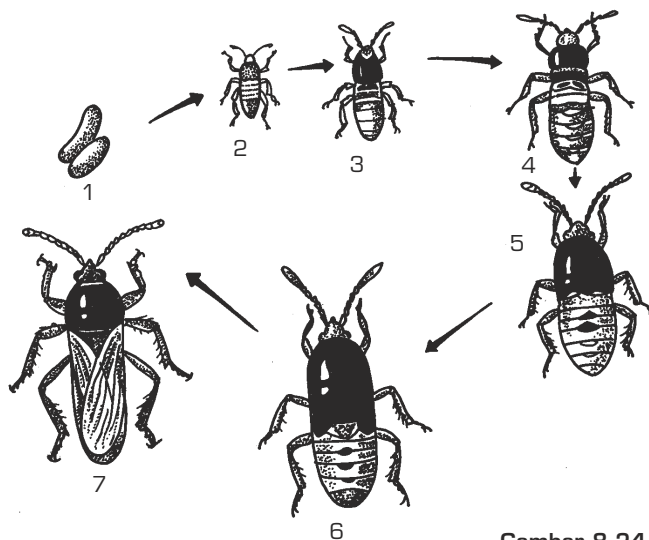
Adakah kamu temukan serangga hama, serangga penyerbuk, atau serangga yang mempunyai bentuk dan warna yang sangat menarik? Buat laporan hasil pengamatanmu.

Dalam daur hidupnya, serangga mengalami metamorfosis. Artinya, terdapat tingkatan-tingkatan perkembangan yang ditandai dengan perubahan bentuk. Pada dasarnya, ada dua macam metamorfosis, yaitu **metamorfosis sempurna** dan **metamorfosis tak sempurna**. Metamorfosis sempurna antara lain terjadi pada ordo Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, dan Hymenoptera, sedangkan metamorfosis tak sempurna terjadi pada ordo Orthoptera, Hemiptera, dan Homoptera. Coba amati Gambar 8.23 dan Gambar 8.24 yang memperlihatkan metamorfosis sempurna dan metamorfosis tak sempurna! Apa perbedaan antara metamorfosis sempurna dan tak sempurna?



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.23 Metamorfosis sempurna



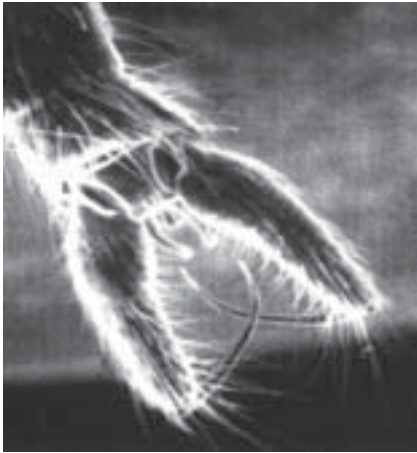
Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.24 Metamorfosis tidak sempurna

Serangga mempunyai spesies paling banyak di antara hewan-hewan lain sehingga banyak hubungannya dengan kepentingan manusia. Serangga dapat berperan merugikan maupun menguntungkan. Salah satu golongan serangga yang merugikan adalah serangga yang menjadi hama tanaman. Serangga ini merugikan karena dapat bersifat sebagai pemakan daun, pengerek batang buah dan biji, pemakan dan pengerek akar, ataupun pengisap cairan tumbuhan.

INFO BIOLOGI

Sepit Khusus untuk Kawin



Seekor nyamuk jantan yang telah cukup dewasa untuk kawin akan menggunakan antenanya (organ pendengar) untuk menemukan nyamuk betina. Fungsi antena nyamuk jantan berbeda dengan antena nyamuk betina. Bulu tipis di ujung antenanya sangat peka terhadap suara yang dipancarkan nyamuk betina. Tepat di sebelah organ seksual nyamuk jantan, terdapat anggota tubuh yang membantunya mencengkeram nyamuk betina ketika mereka melakukan perkawinan di udara. Nyamuk

jantan terbang berkelompok sehingga terlihat seperti awan. Ketika seekor betina akan melakukan perkawinan dengannya selama penerbangan. Perkawinan tidak berlangsung lama dan nyamuk jantan akan kembali ke kelompoknya setelah perkawinan. Sejak saat itu, nyamuk betina memerlukan darah untuk perkembangan telurnya

Sumber: *Menyingkap Rahasia Alam Semesta*, Harun Yahya

Banyak serangga pengisap cairan tumbuhan yang disebut **kutu daun** seperti wereng, kutu loncat, dan kutu putih. Serangga-serangga ini mempunyai peran sebagai vektor/pembawa virus tumbuhan yang sangat merugikan. Selain itu, serangga lain seperti nyamuk dan lalat dapat juga berperan sebagai vektor dari beberapa penyakit pada manusia, misalnya nyamuk **Anopheles** yang berperan sebagai vektor penyakit malaria, nyamuk **Aedes** sebagai vektor penyakit demam berdarah, dan lalat **Tse tse** sebagai vektor penyakit tidur Afrika.

Tugas 8.3

Coba kamu diskusikan serangga apa saja yang ada di sekitarmu yang hidup sebagai pemakan daun, pengerek batang, buah, dan biji ataupun sebagai pengisap daun. Kamu dapat mengamati di halaman rumahmu, di sekolah atau di tempat lain.



Sumber: *Insect Natural History*

Gambar 8.25 Ulat dari kupu-kupu *Pieris brassicae* yang diserang parasit *Apanteles* (Pupa *Apanteles* keluar dari tubuh ulat)



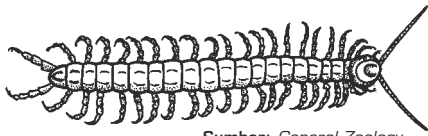
Sumber: *Insect Natural History*

Gambar 8.26 Lady Bird/*Coccinella* dewasa dan larvanya yang dapat bertindak sebagai predator bagi serangga lain.

Serangga predator dan serangga parasit juga mempunyai peran yang menguntungkan dalam pemberantasan hama secara biologis. Tiap jenis hama tanaman, mempunyai serangga predator dan serangga parasit tertentu. Satu jenis hama tanaman, mungkin mempunyai 3 macam parasit sesuai dengan tingkat perkembangan hama tersebut, yaitu parasit telur, parasit larva, dan parasit pupa. Dengan adanya predator dan parasit, serangga hama populasinya dapat dikendalikan secara alamiah oleh musuh-musuhnya sehingga tidak akan terjadi peledakan jumlah hama serangga tersebut. Akan tetapi, jika ekosistem dari predator, parasit, maupun serangga hama tersebut berubah menjadi tidak seimbang, maka kontrol secara alamiah tidak dapat terjadi sehingga terjadilah peledakan hama. Contoh serangga yang dapat bertindak sebagai parasit, misalnya *Apanteles glomeratus* yang memparasiti kupu-kupu *Pieris brassicae*, sedangkan contoh serangga predator, misalnya *Lady Bird* atau *Coccinella*.

Peran menguntungkan lain dari serangga adalah dalam menghasilkan bahan makanan dan industri. Contoh serangga semacam itu, misalnya lebah madu, ulat sutra, kutu daun, dan serangga-serangga lain yang menghasilkan bahan pewarna dan bahan kimia lain yang berguna.

c. Chilopoda



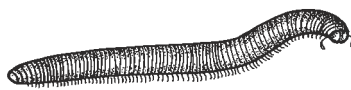
Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.27 Seekor kelabang.

Pada bagian kepala-nya terdapat sepasang antena yang panjang, dua kelompok mata tunggal, dan alat mulut. Contoh Chilopoda yang sering kita temukan adalah kelabang atau lipan seperti terlihat pada Gambar 8.27.

Hewan ini hidupnya di darat sebagai hewan karnivor. Tubuhnya terdiri atas kepala dan badan. Bentuk hewan ini agak pipih/gepeng dan beruas-ruas. Pada tiap ruas terdapat sepasang kaki. Pada bagian kepala-

d. Diplopoda



Sumber: *General Zoology*

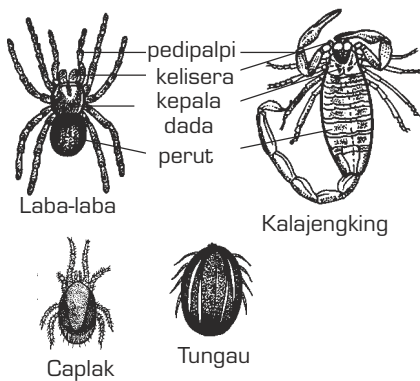
Gambar 8.28 Seekor kaki seribu.

Pada bagian kepala hewan ini, terdapat sepasang antena yang pendek, dua kelompok mata tunggal, dan tidak mempunyai "taring" bisa. Hewan ini bernapas dengan trakea. Contoh yang sering kita temukan adalah kaki seribu yang dapat diamati pada Gambar 8.28. Diplopoda bersama dengan Chilopoda, umumnya dikelompokkan dalam kelompok Myriapoda.

Diplopoda hidup di darat sebagai hewan herbivor atau pemakan tumbuhan. Tubuhnya terdiri atas kepala dan badan. Bentuk tubuh silindris dan beruas-ruas. Pada tiap ruas terdapat dua pasang kaki.

e. Arachnida

Tubuh hewan ini mempunyai kepala yang bersatu dengan dada disebut kepala dada atau **sefalotoraks**, dan perut. Kepala Arachnida tidak mempunyai antena. Hewan ini bernapas dengan paru-paru buku, trakea, atau kedua-duanya. Untuk mempelajari Arachnida, amati Gambar 8.29!



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.29 Macam-macam Arachnida

Beberapa Arachnida dapat bersifat merugikan, misalnya, caplak. Hewan ini merugikan karena mereka makan dengan cara mengisap darah pada burung dan mamalia, bahkan mungkin juga pada manusia. Selain caplak, tungau yang termasuk Arachnida juga banyak hidup sebagai parasit. **Sarcoptes**, misalnya, dimasukkan sebagai tungau dan dapat menyebabkan penyakit kulit yang disebut **scabies**.

7. Mollusca

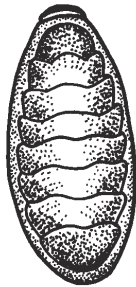
Mollusca berasal dari kata **mollis** yang artinya lunak. Jadi, mollusca dapat disebut hewan bertubuh lunak. Mollusca dapat ditemukan secara luas di laut, air tawar, dan daratan. Akan tetapi, Mollusca paling banyak terdapat di laut. Mollusca merupakan hewan **triploblastik selomata**. Reproduksi Mollusca terjadi secara seksual dengan cara fertilisasi internal. Mollusca ada yang berumah satu, yaitu jantan dan betina dalam satu individu. Akan tetapi, ada pula yang berumah dua, yaitu jantan dan betina terpisah.

Selain bertubuh lunak, hewan ini ditandai dengan tubuh yang simetri bilateral dan tubuh yang tidak beruas-ruas. Pada umumnya, tubuh Mollusca juga ditutupi oleh cangkang yang terbuat dari zat kapur (kalsium karbonat), berfungsi melindungi organ-organ dalam.

Semua jenis Mollusca mempunyai **mantel**, yaitu lapisan jaringan yang menutupi organ-organ viseral dan membentuk rongga mantel. Pada beberapa jenis Mollusca, mantel dapat membentuk cangkang atau rumah. Selain itu, Mollusca selalu mempunyai struktur berotot yang disebut "kaki" yang bentuk dan fungsinya berbeda untuk tiap kelas. Tubuh Mollusca dapat mengeluarkan lendir untuk membantu berjalan.

Mollusca dibagi ke dalam lima kelas. Kelima kelas tersebut adalah **Amphineura**, **Gastropoda**, **Scaphopoda**, **Pelecypoda (Lamellibranchiata/Bivalvia)**, dan **Cephalopoda**.

a. Amphineura

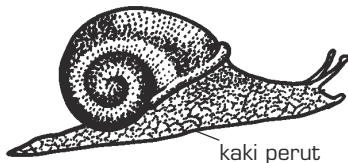


Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.30 *Chiton*

Hewan ini semua hidup di laut dan banyak ditemukan di pantai. Kaki perut Amphineura melekat pada batu-batu. Pada rongga mantelnya terdapat insang. Di bagian dorsal, tubuhnya ditutupi mantel yang dilengkapi dengan 8 kepingan kapur. Kadang-kadang kepingan tersebut dilapisi kitin. Contoh Amphineura yang banyak ditemukan adalah **Chiton**.

b. Gastropoda



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.31 *Gastropoda*

Gastropoda merupakan kelas Mollusca terbesar. Telah diketahui lebih dari 35.000 jenis yang masih hidup dan 15.000 jenis yang telah menjadi fosil. Hewan ini terdapat dalam berbagai habitat, baik di laut, di air tawar, maupun di darat.

Sebagian besar Gastropoda mempunyai sebuah cangkok (rumah) berbentuk kerucut terpilin (spiral) sehingga bentuk tubuhnya juga menyesuaikan diri dengan bentuk cangkok. Padahal, waktu larva bentuknya simetri bilateral. Jenis yang tidak bercangkok banyak yang hidup di darat dan biasanya disebut **siput telanjang**.

KEGIATAN 8.3

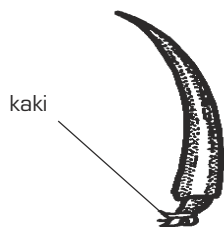
Mengamati Bekicot

Untuk mempelajari lebih lanjut, kamu dapat mengamati bekicot (*Achatina fulica*) yang masih hidup atau siput jenis lain. Biarkan kaki, perut, dan kepalanya keluar dari cangkoknya! Amati bagian-bagian tubuhnya seperti kaki, perut, kepala, tentakel, mulut, dan lubang napas! Bandingkan dengan Gambar 8.31 kemudian amati juga cara Bergeraknya.

Jenis kelamin Gastropoda adalah **hermafrodit**. Akan tetapi, tidak pernah terjadi pembuahan sendiri dan bertelur setelah perkawinan. Gastropoda air bernapas dengan insang dan telurnya dilepas satu-satu atau berkelompok dalam zat semacam gelatin. Hidupnya terutama di laut dan telur menetas menjadi berbagai fase larva sebelum menjadi dewasa.

Gastropoda mempunyai arti ekonomi yang penting. Sejak larva hingga pada fase dewasanya merupakan mata rantai penting dalam jaring makanan terutama di ekosistem laut. Selain itu, banyak jenis Gastropoda yang menjadi makanan manusia. Gastropoda ada yang mempunyai cangkok yang indah sehingga banyak diminati kolektor. Akan tetapi, ada juga Gastropoda yang dapat merugikan, misalnya dengan merusak tanaman pertanian dan ada pula yang menjadi inang perantara dari berbagai jenis Trematoda.

c. Scaphopoda

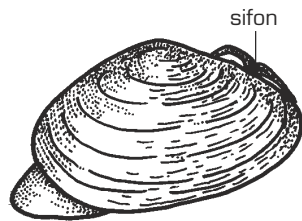


Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.32 Cangkok pada *Scaphopoda*

Hewan ini hanya mempunyai anggota kira-kira dua ratus spesies. Scaphopoda hidup di laut pada pantai-pantai yang berlumpur. Cangkoknya berbentuk taring atau terompet dengan kedua ujung yang terbuka. Kamu dapat mengamatinya pada Gambar 8.32. Jika kita berkarya-wisata ke pantai, kita sering menemukan cangkoknya.

d. Pelecypoda

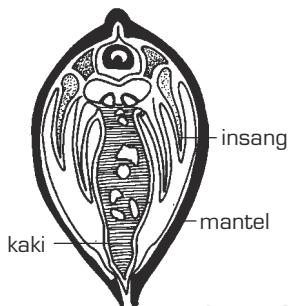


Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.33 *Pelecypoda*

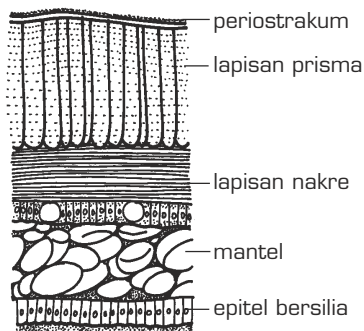
atau **brankia** berupa lembaran-lembaran **lamel** dan mantelnya menempel pada cangkok. Di tepi cangkok, mantel secara terus-menerus membentuk bagian cangkok yang baru sehingga cangkok makin lama makin besar.

Di dalam rongga mantel terdapat insang. Berbagai jenis kerang dan remis hidup di dalam lumpur. Remis atau kerang yang seperti itu mempunyai sifon yang panjang. Perhatikan Gambar 8.34.



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.34 Bagan penampang melintang tubuh *Pelecypoda*



Gambar 8.35 Penampang melintang cangkok dengan mantel

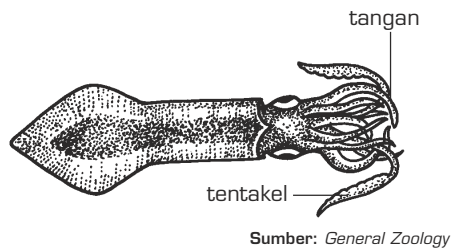
Pelecypoda adalah *Mollusca* yang mempunyai kaki berbentuk pipih seperti kapak untuk membuat lubang. Cangkoknya terdiri atas dua bagian yang dihubungkan dengan semacam engsel. Di dalam cangkok terdapat tubuhnya. Penampang melintang tubuh *Pelecypoda* dapat dilihat pada Gambar 8.33. Insang

Cangkok atau rumah *Pelecypoda* terdiri atas tiga lapisan. Lapisan terluar disebut **periostrakum** dibentuk dari zat kitin, berfungsi sebagai lapisan pelindung. Lapisan kedua disebut **lapisan prisma** karena tersusun dari kristal-kristal kalsit berbentuk prisma. Lapisan ketiga disebut **lapisan nakre** atau lapisan induk mutiara yang tersusun dari lapisan-lapisan tipis paralel dari kalsit (karbonat). Di antara kristal-kristal kalsit pada lapisan prisma maupun nakre, terdapat bahan organik yang membentuk kerangka tempat terbentuknya kristal tersebut. Untuk melihat bagian-bagian suatu cangkok, dapat dilihat Gambar 8.35.

Di antara cangkok dan mantel kadang-kadang masuk benda asing seperti pasir. Butir pasir menjadi inti untuk pembentukan butir mutiara. Hanya jenis-jenis tertentu yang dapat menghasilkan mutiara berkualitas tinggi, yaitu tiram mutiara (***Pinctada***

margaritifera) dan *Pinctada mertensi*. Kedua spesies ini merupakan penghuni laut bersuhu panas di daerah Pasifik, termasuk di Indonesia Bagian Timur. Mutiara juga dapat dihasilkan dengan cara memasukkan inti mutiara di antara mantel dan lapisan nakre.

e. Cephalopoda



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.36 *Cephalopoda*

Cephalopoda merupakan Mollusca dengan kepala yang jelas dan mata yang besar. Kaki otot dimodifikasi menjadi tangan, tentakel sekeliling mulut, dan corong yang merupakan saluran keluar dari rongga mantel. Coba amati Gambar 8.36! Sebagian besar Cephalopoda mempunyai kelenjar tinta.

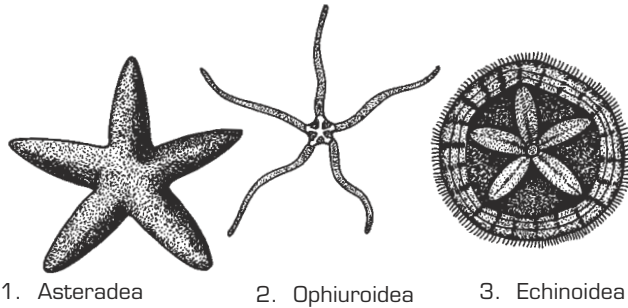
Cephalopoda mempunyai peran yang cukup penting dalam ekosistem. Mereka merupakan mata rantai penting dalam jaring makanan pada ekosistem laut. Berbagai ikan memangsa cumi-cumi sebagai sumber makanannya. Selain itu, cumi-cumi dan sotong merupakan makanan laut yang digemari manusia.

8. Echinodermata

Echinodermata berasal dari kata **echinos** yang berarti landak/duri dan **derma** berarti kulit. Jadi, Echinodermata berarti hewan yang kulitnya berduri. Hewan ini habitatnya di laut, biasanya bersifat sesil atau menetap. Makanannya berupa sisa organisme yang telah mati atau organisme lain yang lebih kecil.

Beberapa jenis Echinodermata mempunyai manfaat untuk makanan, misalnya tripang dan telur bulu babi. Selain itu, banyak hewan ini yang bertindak sebagai pembersih karena memakan bangkai atau sisa-sisa hewan lain yang terdapat di pantai. Akan tetapi, ada jenis-jenis tertentu dari bintang laut yang dapat merusak binatang karang sehingga banyak yang mati karena dimakan. Selain itu, ada bintang laut yang memakan jenis-jenis tiram, di antaranya kerang mutiara.

Echinodermata adalah hewan **triploblastik selomata**. Tubuhnya mempunyai bentuk simetri radial yang dibagi menjadi lima bagian. Rangka berupa keping-keping kapur terdapat di dalam kulit dan pada umumnya mempunyai duri, perhatikan Gambar 8.37! Semua Echinodermata hidup di laut. Gerakan Echinodermata lambat dan gerakannya menggunakan kaki pembuluh (kaki ambulakral).



1. Asteradea

2. Ophiuroidea

3. Echinoidea

Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.37 Macam-macam Echinodermata menunjukkan tubuhnya dibagi dalam 5 bagian (Metamer)

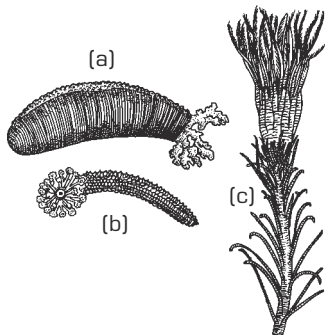
KEGIATAN 8.4

Mengamati Echinodermata

Untuk mempelajari Echinodermata sebaiknya kamu mengamati awetan basah. Awetan basah biasanya memakai formalin 5% ditambah sedikit KOH atau NaOH sehingga larutan formalin menjadi basa. Mengapa jika Echinodermata diawetkan dalam larutan formalin tanpa diberi KOH atau NaOH tubuhnya akan cepat hancur? Diskusikan dengan temanmu!

Reproduksi dapat terjadi secara seksual atau aseksual. Secara aseksual dapat terjadi dengan regenerasi atau dengan pembelahan sel. Reproduksi seksual terjadi dengan fertilisasi yang terjadi dalam air laut. Jenis kelamin hewan ini terpisah (berumah dua). Larvanya mempunyai bentuk simetri bilateral dan dapat berenang bebas disebut **bipinnaria**.

Berdasarkan bentuk tubuhnya Echinodermata dibagi menjadi 5 kelas. Kelas-kelas tersebut meliputi **Asteroidea**, **Echinoidea**, **Ophiuroidea**, **Crinoidea**, dan **Holothuroidea**. Amatilah dengan bantuan Gambar 8.37 dan 8.38.



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.38 Holothuroidea (a,b) dan Crinoidea (c)

a. Asteroidea

Hewan ini mempunyai bentuk seperti bintang atau segi lima. Contoh Asteroidea adalah macam-macam bintang laut.

b. Echinoidea

Hewan ini tubuhnya tanpa tangan dan berbentuk hampir bulat atau gepeng. Rangkanya disusun dari keping-keping zat kapur dan umumnya berduri. Contoh hewan ini adalah landak laut dan bulu babi.

c. Ophiuroidea

Ophiuroidea merupakan hewan yang hidup di laut dangkal sampai laut dalam. Mereka aktif pada malam hari dan makanannya berupa udang-udangan, Mollusca, sampah, dan sisa organisme lain. Hewan ini tubuhnya mempunyai lima tangan yang dapat digerakkan. Perhatikan Gambar 8.37. Contoh hewan ini adalah bintang ular.

d. Crinoidea

Hewan ini tubuhnya mempunyai lima tangan yang bercabang-cabang. Bentuk tubuhnya dapat menyerupai bunga lili, bunga bakung, atau bulu burung. Crinoidea hidup dengan cara menempel di dasar laut dan dapat membentuk taman laut. Crinoidea lebih sering ditemukan menempel, meskipun dapat berenang secara bebas. Jenis-jenis dan jumlahnya lebih banyak ditemukan sebagai fosil.

e. Holothuroidea

Hewan ini hidup di dasar laut dengan cara bersembunyi di lumpur atau pasir. Bentuk tubuhnya seperti ketimun atau memanjang. Tubuhnya tidak kaku, tetapi fleksibel dan lembut karena rangkanya direduksi berupa butir-butir kapur di dalam kulit. Hewan ini bergerak dengan tiga baris kaki pembuluh yang terdapat pada permukaan bawah (ventral) dan dua baris kaki pembuluh dorsal dipakai untuk bernapas. Selain itu, ada alat napas yang disebut paru-paru air. Amati Gambar 8.38a dan b. Contoh Holothuroidea adalah teripang dan timun laut.

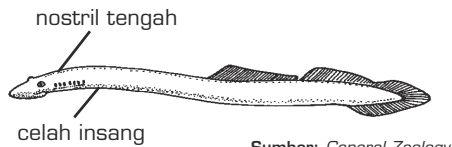
9. Chordata

Filum chordata dibagi menjadi dua subfilum, yaitu subfilum Protochordata dan subfilum Vertebrata (Craniata). Dalam subbab ini kita hanya akan membahas subfilum vertebrata. Ditinjau dari segi biologi, chordata terutama vertebrata memiliki peran yang penting. Dalam habitatnya chordata merupakan anggota ekosistem yang sangat penting, dapat menjaga keseimbangan ekologis di berbagai komunitas. Semua chordata berperan sebagai konsumen, mulai dari konsumen pertama, kedua, ketiga, dan seterusnya. Bagi manusia, chordata merupakan kelompok hewan yang sangat dibutuhkan, di antaranya sebagai sumber makanan, alat berburu, industri produk-produk berbahan kulit, objek penelitian, atau sebagai alat transportasi.

Sejak lama kita mengenal istilah vertebrata. Sering kali istilah vertebrata dianggap lawan kata invertebrata, kemudian vertebrata dianggap salah satu filum dari Kingdom Animalia. Kini kita sudah mengetahui bahwa vertebrata merupakan subfilum dari Filum Chordata dan merupakan anggota chordata yang memiliki tengkorak sehingga disebut kelompok Craniata (Cranium = tengkorak)

Vertebrata merupakan istilah yang berasal dari bagian notokorda yang diganti dengan ruas-ruas kartilago atau tulang yang disebut vertebra. Vertebrata ini biasa disebut dengan tulang punggung. Vertebrata merupakan kelompok hewan yang memiliki rahang dua pasang (kecuali Agnatha), memiliki sepasang mata dan sepasang telinga. Penutup tubuh anggota vertebrata bermacam-macam, dari penutup tubuh berupa kulit bersisik dan berlendir, bersisik keras dan kering, berbulu, sampai dengan kulit tertutup rambut. Tempat hidupnya mulai dari perairan sampai ke daratan. Kelamin terpisah, tetapi ada yang hermafrodit. Fertilisasi internal atau eksternal, ovipar, ovovivipar, dan vivipar. Vertebrata memiliki sistem saraf pusat yang berkembang baik, yaitu otak dan sumsum belakang. Semua vertebrata memiliki tulang atau rangka dalam tubuh (internal skeleton), dan memiliki dua pasang anggota tubuh. Vertebrata terbagi menjadi enam kelas, yaitu kelas Cyclostomata, kelas Pisces, Kelas Amfibi, kelas Reptilia, kelas Aves, dan kelas Mamalia.

a. Kelas Cyclostomata (Agnatha)



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.39 Belut laut (*Petromyzon sp*)

Agnatha artinya tidak berahang. Ikan-ikan anggota Agnatha memang tidak berahang. Tidak ada pasangan sirip. Beberapa jenis mempunyai sirip ekor dan sirip punggung. Mulut terletak di sebelah ujung. Contohnya: belut laut (**Lamprey, *Petromyzon sp***) dan ikan hantu (**hagfish, *Myxine sp***).

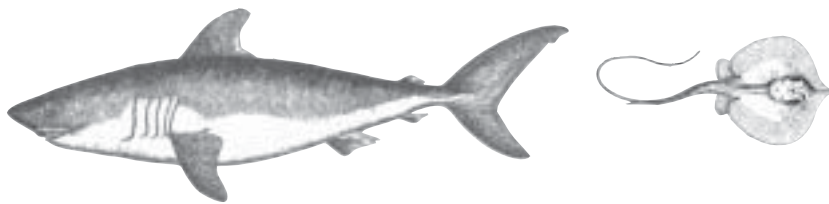
Agnatha memiliki tujuh atau lebih celah insang. Notochord menetap seumur hidup. Otaknya sudah teratur terdiri atas bagian-bagian seperti pada vertebrata tingkat tinggi. Kelamin terpisah atau hermafrodit. Cara memperoleh makanan, yaitu dengan mengisap cairan tubuh mangsa. Terlebih dahulu mangsa dilubangi dengan mulutnya. Agnatha hidup di air tawar atau air laut. Agnatha sudah memiliki alat indra berupa lubang hidung tunggal, dua mata, telinga dalam, dan organ perasa. Pada tahap larva, Agnatha memiliki gonad hermafrodit. Ketika dewasa menjadi kelenjar kelamin betina atau jantan, dan menjadi hewan berumah dua (diesius). Fertilisasi secara internal.

b. Kelas Pisces

Pisces adalah kelompok ikan. Tidak asing bagi kita untuk mengenal kelompok ini. Tubuh ditutupi sisik dengan berbagai tipe sisik, yaitu plakoid, sikloid, ctenoid (dibaca stenoid), dan ganoid. Dilihat dari struktur morfologi dan anatomi, kelas Pisces dapat dibagi menjadi dua subkelas, yaitu subkelas chondrichthyes dan subkelas osteichthyes.

1) Subkelas Chondrichthyes

Kita tidak asing lagi dengan ikan hiu, pari, ikan gergaji, dan ikan martil. Semuanya adalah anggota Chondrichthyes atau ikan bertulang rawan. Berbeda dengan Agnatha, mulut Chondrichthyes terletak di bagian ventral tubuh. Memiliki dua pasang sirip dan 5-7 celah insang. Pada sebagian Chondrichthyes, notochord diganti oleh vertebra. Tubuh ditutupi dengan sisik tipe plakoid. Gurat sisi berkembang baik. Telinga hanya di bagian dalam. Tidak ada telinga tengah atau telinga luar. Sirip dada dan sirip perut berpasangan, sedangkan sirip punggung, sirip ekor, dan sirip dubur tidak berpasangan.



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8.40 Contoh-contoh chondrichthyes

Chondrichthyes tidak memiliki gelembung renang. Ikan hiu mempunyai ciri, celah insang di tepi tubuh, sedangkan ikan pari, celah insangnya di bagian bawah tubuh. Chondrichthyes memiliki anggota jantan dan betina. Fertilisasi dapat secara eksternal ataupun internal. Ada yang ovipar, ada pula yang ovovivipar.

2) Subkelas Osteichthyes

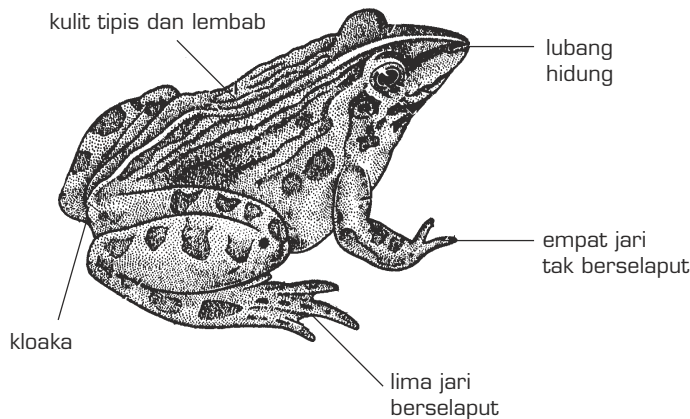
Kita juga tidak asing dengan belut, lele, kuda laut, dan ikan buntal. Semuanya adalah anggota Osteichthyes. Osteichthyes berarti ikan bertulang sejati. Seluruh anggota Osteichthyes memiliki rangka endoskeleton yang terbuat dari osteon (tulang keras/tulang sejati). Kulitnya bersisik dengan tipe sisik sikloid, ctenoid, dan ganoid. Insangnya tertutup oleh operculum. Anggota Osteichthyes biasanya memiliki gelembung renang yang berhubungan atau tidak berhubungan dengan faring. Ada yang hidup di air tawar, ada yang hidup di laut. Beberapa bahkan dapat hidup di darat untuk beberapa waktu.

Osteichthyes melakukan reproduksi dengan cara fertilisasi eksternal. Telur dan sperma keluar dari tubuh kemudian terjadi pembuahan. Semua Osteichthyes bersifat poikilothermal. Meskipun penampilan morfologi hampir sama, ternyata anggota Osteichthyes memiliki banyak macam bentuk dan macam adaptasi yang unik. Banyak anggota Osteichthyes begitu beragam akibat adaptasi, misalnya belut, lele, kuda laut atau tangkur kuda, dan ikan buntal.

Di dalam ekosistemnya, ikan berperan sangat besar. Bagi manusia, ikan memiliki nilai ekonomi tinggi, menjadi sumber makanan berkadar protein tinggi. Beberapa jenis ikan yang banyak dikonsumsi manusia dan bernilai ekonomi, di antaranya ikan emas, gurame, lele, kerapu, tongkol, sarden, tuna, dan bandeng. Banyak pula ikan bernilai ekonomi sebagai ikan hias dan peliharaan, misalnya ikan arwana, louhan, koi, dan diskus

c. Kelas Amfibi (*Amphibia*)

Amphibia berasal dari kata amphi = dua, bios = hidup. Jadi, Amfibi berarti hewan yang hidup di dua alam. Ketika masa larva hidup di air tawar, setelah dewasa hidup di darat, contoh katak (Gambar 8.49).



Sumber: *General Zoology*

Gambar 8. 41 Katak hijau (*Ranatigrina*)

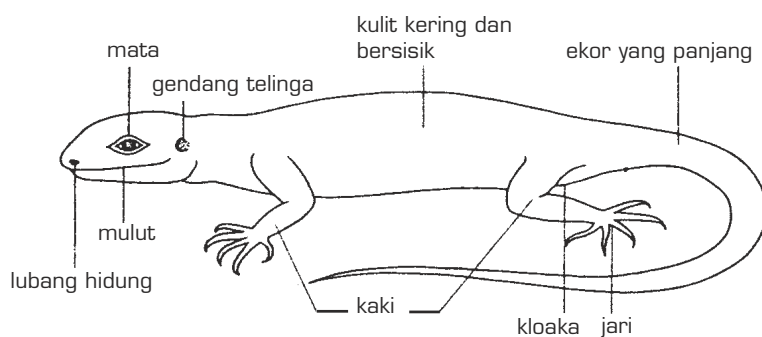
Bentuk tubuh katak berbeda pada saat larva dan dewasa. Bentuk larva cocok untuk hidup di air, bentuk dewasa sesuai dengan lingkungan darat. Ukuran tubuhnya kecil, bervariasi antara beberapa sentimeter saja. Warna tubuh di bagian punggung umumnya hijau berbercak hitam, menyesuaikan diri dengan lingkungan sekitarnya.

Berbeda dengan ikan, kulit katak tidak bersisik dan selalu lembap atau basah. Hal ini disebabkan oleh kulit yang berfungsi sebagai alat pernapasan. Molekul air di kulitnya akan melarutkan oksigen sehingga oksigen dapat berdifusi ke dalam pembuluh darah.

Amfibi adalah kelompok hewan yang melakukan pembuahannya secara eksternal dan internal. Bagi kelompok katak, telur yang telah dibuahi, dikeluarkan dan disimpan di dalam kantung penuh jeli. Telur ini dapat dibuahi saat jantan menaruh spermanya dekat betina. Bagi kelompok sala-lander, pembuahan berlangsung secara internal.

d. Kelas Reptilia

Reptil artinya melata, yaitu permukaan tubuh sangat dekat dengan tanah atau tepatnya merayap. Kita dapat mengenali anggota Reptilia dari ciri-ciri morfologinya. Melalui pengamatan tubuh kadal (*Mabouya* sp) kita dapat menemukan ciri-ciri umum Reptilia.



Sumber: *General Zoology*, Storer

Gambar 8.42 Struktur morfologi reptilia

Tubuh Reptil ditutupi kulit bersisik yang relatif kering dan keras. Secara umum tubuh Reptil terbagi menjadi empat bagian utama, yaitu kepala, leher, badan, dan ekor. Bentuk tubuh yang sangat beragam dan berbeda sangat ekstrem antara satu bentuk dan bentuk lainnya. Reptilia dibagi menjadi empat kelompok yaitu Kura-kura (*Chelonia*), Buaya (*Crocodila*), Kadal (*Lacertilia*), Ular (*Ophidia*). Tempat hidup anggota Reptilia sangat beragam, di laut, di air tawar, di darat/tanah, di dalam lubang, di pohon-pohon, dan di rumah.

Seperti kelas Amfibi, Reptilia memiliki kloaka. Pada umumnya, di ujung kloaka reptilia jantan, termasuk Uromastix jantan, terdapat sepasang alat kopulasi yang disebut hemipenis, yaitu alat untuk menyalurkan sperma ke dalam kloaka betina. Telur Reptilia umumnya bercangkang lunak. Telur kadal bahkan tidak bercangkang. Oleh karena itu, telur kadal tetap berada di saluran telur sampai zigot berkembang menjadi individu baru, dan kemudian bayi kadal ke luar melalui kloaka. Dari luar, proses ini tampak seperti melahirkan. Oleh karena itu, kadal termasuk golongan ovovivipar. Kura-kura mengeluarkan telur yang bercangkang lunak ke dalam lubang pasir. Setelah semua telur keluar dari tubuhnya, induk kura-kura mengubur telur dengan pasir sampai telur menetas.

INFO BIOLOGI

Bagaimana Ular Berjalan di atas air?



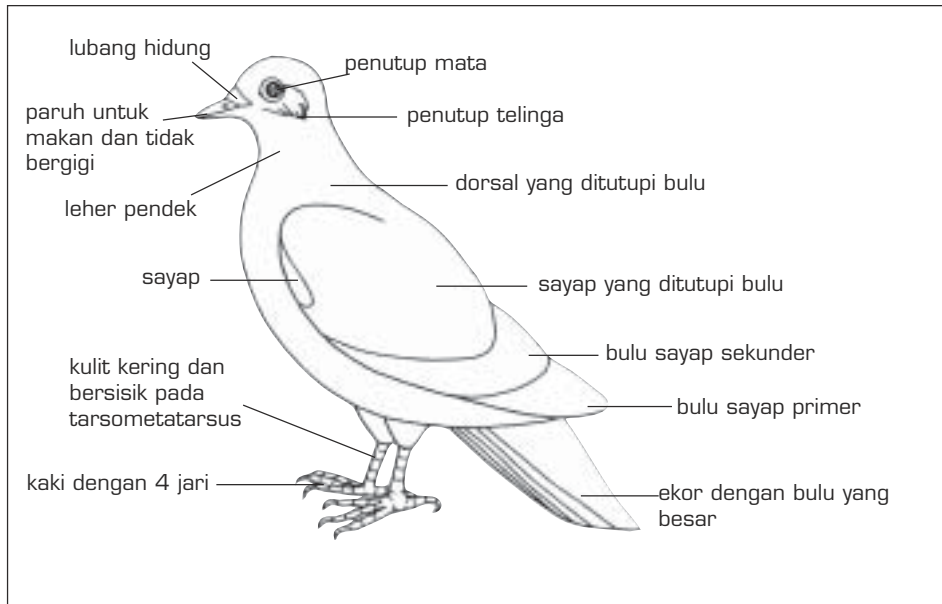
Ular padang pasir dapat bergerak cepat di atas pasir. Dengan melakukan kontraksi otot dadanya sedikit demi sedikit, ia dapat bergerak dalam bentuk huruf S. Gerakan ini dimulai dengan memilin tubuh, mengangkat kepala dan menjaganya tegak di udara. Ketika kontraksi otot yang menggerakkan tubuh ini diteruskan ke arah ekor, kepala bergerak maju dan menyentuh tanah. Sementara itu kontraksi otot telah mencapai ekor. Kontraksi baru menyebabkan ekor terangkat dari tanah dan sejajar dengan kepala. Gerakan semacam ini meninggalkan jejak paralel dengan rata-rata kemiringan 45° . Selama ular bergerak, hanya dua bagian tubuh yang menyentuh pasir. Dengan pola gerakan ini, tubuh ular tidak akan hangus karena meminimalkan kontak dengan pasir yang sangat panas membakar. Ular juga dapat membuka mulutnya selebar mungkin karena ular mempunyai tulang kuadrat yaitu tulang yang berada di pangkal rahang atas dan bawah yang dihubungkan dengan jari ikat yang elastis sehingga ular dapat melahap sebutir telur yang lebih besar daripada kepalanya. Telur perlahan-lahan ditelan seluruhnya dan dicerna.

Sumber: *Menyingkap Rahasia Alam*, Harun Yahya

e. Kelas Aves

Aves adalah unggas atau burung. Ciri utama Aves yang tidak dimiliki oleh kelompok lainnya, yaitu bulu sebagai penutup tubuh. Menurut evolusinya, bulu merupakan modifikasi dari sisik reptilia. Bulu tampak berkilau, kuat, elastis, waterproof, dan berwarna-warni. Untuk memahami karakter kelas Aves, orang biasa mengambil contoh burung merpati (*Columba livia*). Mari kita lihat ciri-ciri morfologi burung merpati, pada Gambar 8.43.

Burung adalah hewan homoiotermis atau dengan bahasa sederhana disebut hewan berdarah panas, artinya temperatur tubuhnya stabil di berbagai tempat yang temperaturnya berbeda atau temperatur lingkungan tidak memengaruhi temperatur tubuh. Sifat ini ada kaitannya dengan kerja jantung burung yang sudah terbagi menjadi empat ruang secara sempurna.



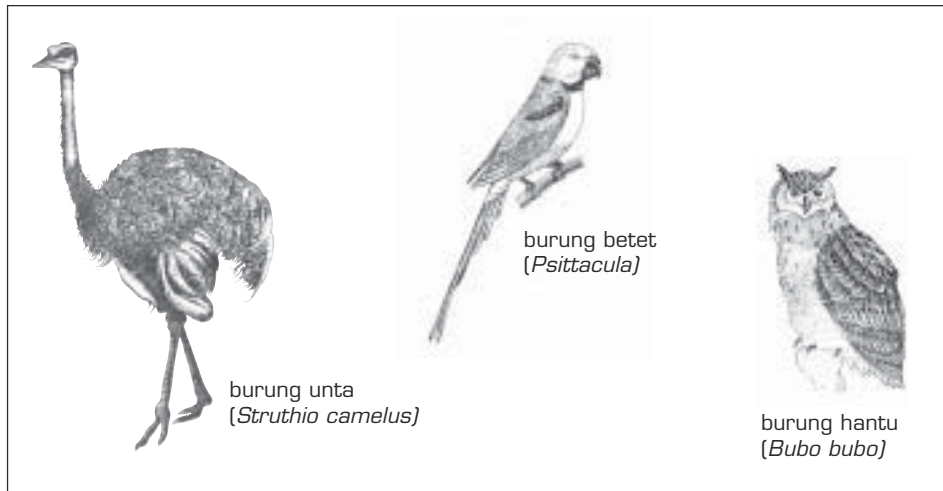
Gambar 8.43 Struktur morfologi burung merpati

Sumber: *Advance Biology, Clegg*

Anggota tubuh depan mengalami modifikasi menjadi sayap, memiliki paruh dari zat tanduk yang kuat, tak memiliki gigi. Bentuk tubuh burung sangat spesifik. Keragaman jenisnya tidak terlalu berbeda jauh sehingga seluruh anggota Aves mudah dikenal, yaitu tubuh ditutupi bulu, berkaki dua, kaki ditutupi dengan sisik yang keras, berparuh dari zat tanduk, dan bersayap.

Aves melakukan reproduksi secara internal. Betina menetas telur sehingga dikenal ovipar. Telur burung bercangkang keras, terbuat dari zat kapur. Pada burung jantan, alat reproduksi terdiri atas testis dan vasdeferens. Pada burung betina, alat reproduksi terdiri atas ovarium dan oviduk. Burung merpati hanya memiliki satu buah ovarium dan oviduk untuk mengurangi berat badan sehingga memudahkan untuk terbang. Meskipun semua anggota Aves memiliki sayap, tidak semua burung menggunakannya untuk terbang. Contohnya, kiwi, jenis-jenis burung unta, dan kasuari.

Kelompok Aves dikenal melalui telurnya, telur ayam, itik, dan burung unta sangat dikenal oleh masyarakat sebagai bahan makanan sumber protein tinggi. Tempat dan cara hidup burung bermacam-macam, ada yang hidup di air atau di pantai dengan kaki berselaput, burung yang hanya berjalan, burung yang hanya hidup di pohon (arboreal), burung penyanyi, burung buas, dan sebagainya. Dalam ekosistem, burung memiliki peranan penting, misalnya burung predator. Di Indonesia burung mempunyai keanekaragaman yang tinggi, tetapi beberapa jenis telah terancam punah.



Gambar 8.44 Jenis-jenis burung

Sumber: Margasatwa

Tugas

Kunjungi pasar burung atau pedagang burung. Catat nama-nama burung yang ada dan kelompokkan ke dalam beberapa kategori, misalnya penyanyi, pemangsa, dan burung langka.

f. Kelas Mamalia

Kelompok mamalia memiliki anggota yang paling kompleks struktur tubuh dan sistem fisiologinya. Menurut anatomi dan fisiologi, manusia termasuk kelompok Mamalia.

KEGIATAN 8.5

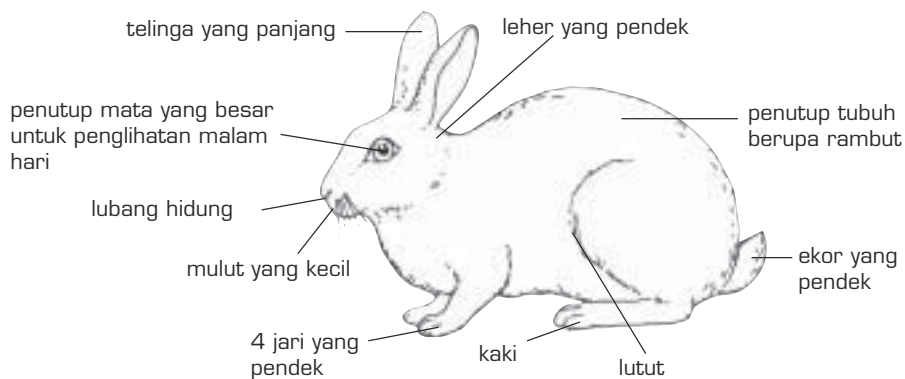
Cobalah identifikasi ciri-ciri Mamalia dengan cara mengidentifikasi bagian tubuh kamu sendiri mulai dari:

- kulit (basah atau kering);
- penutup tubuh;
- ciri khusus (ada atau tidak);
- temperatur tubuh (homoiotermis atau poikilotermis);
- cara reproduksi.

1) Ciri Morfologi

Marilah kita pelajari struktur morfologi Mamalia (kelinci) pada Gambar 8.45 berikut. Mamalia merupakan hewan homoiotermis (berdarah panas),

tubuhnya ditutupi rambut, memiliki kelenjar susu (mammary = kelenjar susu) yang mengeluarkan air susu. Semua Mamalia memiliki telinga luar, sebagian dilengkapi dengan daun telinga.



Sumber: *Advance Biology, Clegg*

Gambar 8.45 Struktur morfologi kelinci



Sumber: *Advance Biology, Clegg*

Gambar 8.46 Landak semut

Kulit Mamalia dilengkapi kelenjar minyak dan kelenjar keringat. Gigi Mamalia bermacam-macam bentuknya mulai dari geraham, gigi taring, dan gigi seri. Jari tangan dan jari kaki tidak pernah lebih dari lima, banyak yang mengalami penyusutan.

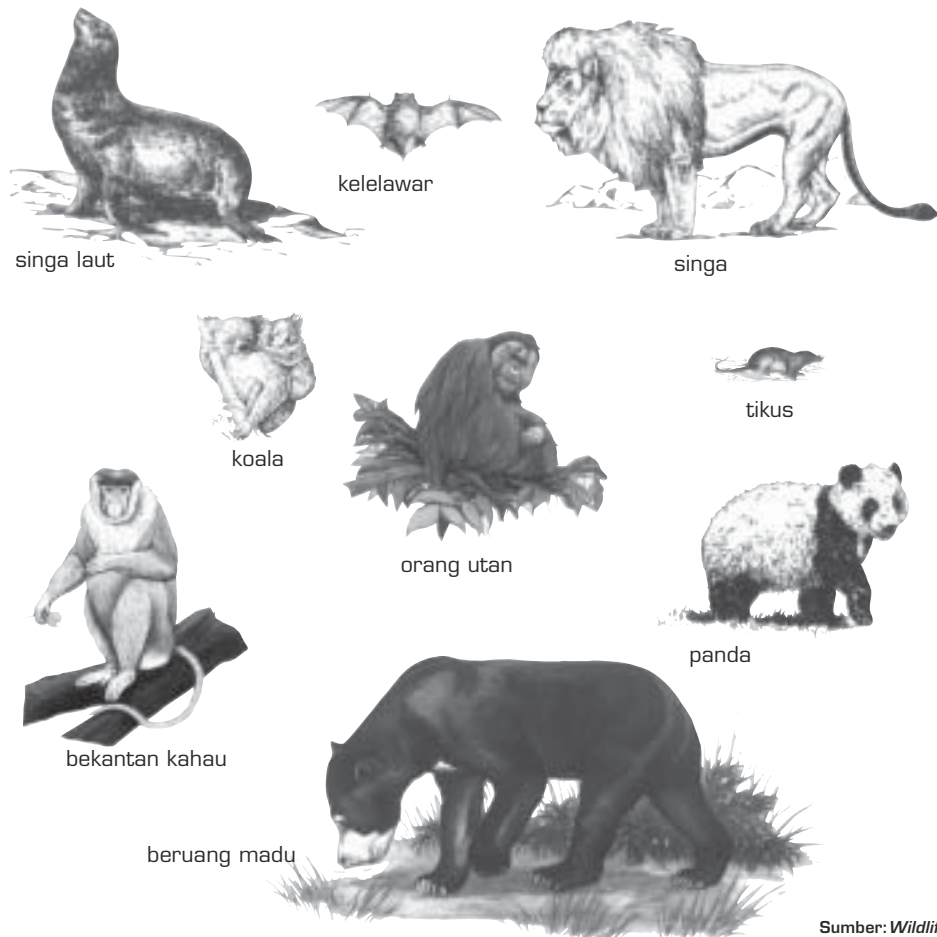
Jika kita lihat struktur tubuhnya, tampak adanya evolusi morfologi dari Aves ke Mamalia. Evolusi ini tampak jelas pada Mamalia yang paling sederhana, yaitu cungr bebek (platypus). Struktur tubuh masih berbentuk burung (bebek), tetapi penutup tubuhnya adalah rambut, seperti halnya Mamalia lainnya.

Platypus masih bersifat ovipar, menetasakan telur, seperti kelompok Aves. Penetapan Platypus sebagai anggota Mamalia, yaitu adanya kelenjar susu untuk memberi makan anak-anaknya. Hewan yang satu kelompok dengan platypus, yang ada di Indonesia, yaitu di Papua adalah landak semut. Perhatikan Gambar 8.46.

2) Reproduksi

Cara bereproduksi Mamalia dikenal dengan cara beranak (vivipar). Individu baru disimpan di dalam alat khusus yang disebut uterus (rahim) dan dilengkapi dengan makanan untuk janin yang disebut plasenta. Beranak dapat ditandai dengan adanya proses melahirkan, yaitu keluarnya anak bersama dengan plasentanya. Di dalam uterus, zigot berkembang sampai menjadi janin kemudian bayi. Waktu untuk berkembangnya janin dalam uterus disebut kehamilan. Masa kehamilan berbeda-beda pada setiap kelompok Mamalia. Pada ordo Marsupialia, contohnya kanguru dan koala, anak lahir dalam bentuk embrio, kemudian berkembang menjadi janin di dalam kantung induknya.

Hanya satu ordo, yaitu Monotremata, yang anaknya berkembang dalam telur. Selain monotremata dan marsupialia, semua mamalia berkembang biak dengan cara melahirkan. Berbagai contoh mamalia dapat dilihat pada Gambar 8.47.



Gambar 8.47 Contoh-contoh mamalia

Sumber: *Wildlife*

Rangkuman

1. Kingdom Animalia atau dunia hewan merupakan kelompok yang mempunyai anggota sangat luas, terdiri atas invertebrata dan vertebrata.
2. Kingdom Animalia mempunyai bentuk tubuh dan alat-alat tubuh yang bervariasi. Variasi bentuk tubuh dapat dikategorikan dengan melihat bentuk simetri tubuhnya.
3. Berdasarkan simetri tubuh, hewan ada yang berbentuk simetri radial dan simetri bilateral.
4. Secara umum kingdom dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu invertebrata atau hewan tak bertulang belakang dan Vertebrata atau hewan bertulang belakang.
5. Filum-filum pada invertebrata, di antaranya: Porifera yaitu hewan yang mempunyai pori, Coelenterata atau hewan berongga, Platyhelminthes atau cacing pipih, Nematelminthes atau cacing gilig, Annelida atau cacing gelang, Arthropoda atau hewan dengan kaki beruas, Mollusca atau hewan lunak, dan Echinodermata atau hewan berkulit duri.
6. Peran menguntungkan dari Invertebrata, di antaranya sebagai zooplankton, sebagai sumber protein, sebagai bahan obat, dan perhiasan.
7. Peran merugikan misalnya sebagai penyebab penyakit, parasit, dan sebagai hama pada tanaman.
8. Hewan bertulang belakang atau Vertebrata pada umumnya berukuran jauh lebih besar dari Invertebrata sehingga dapat dilihat tanpa menggunakan mikroskop.
9. Anggota kelompok Vertebrata adalah kelas Cyclostomata atau Agnatha, Pisces atau ikan, Amfibi atau hewan yang hidup di dua alam, Reptilia atau hewan melata, Aves atau burung, dan Mamalia atau hewan menyusui.
10. Peran penting Vertebrata secara biologi adalah sebagai penjaga keseimbangan ekologis di berbagai komunitas.
11. Semua Vertebrata berperan sebagai konsumen, baik sebagai konsumen pertama, kedua, ketiga, dan seterusnya. Bagi manusia hewan Vertebrata dapat berperan, di antaranya sebagai sumber makanan, alat berburu, bahan baku industri kulit, objek penelitian atau sebagai alat transportasi.

Kata Kunci

ascon	ostium	simetri radial
aselomata	polimorfisme	simetri bilateral
diploblastik	pseudoseulomata	spongosel
hermafrodit	polip	sycon
klitelum	proglotid	skoleks
leucon	pedipalpi	sistiserkus
medusa	periostrakum	sefalotoraks
metagenesis	pinakosit	triploblastik
mirasidium	porosit	
oskulum	selomata	

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Fungsi sel koanosit pada porifera adalah
 - A. mencerna makanan
 - B. mengedarkan makanan
 - C. menghasilkan senyawa kapur
 - D. memberi rangka
 - E. menghasilkan sperma
2. Istilah yang berarti cacing pipih adalah
 - A. Nematelminthes
 - B. Platyhelminthes
 - C. Annelida
 - D. Turbellaria
 - E. Cestoda
3. Yang merupakan kelas untuk cacing pita adalah
 - A. Turbellaria
 - B. Trematoda
 - C. Cestoda
 - D. Annelida
 - E. Fasciola

4. Cacing yang menyebabkan penyakit kaki gajah adalah
 - A. *Ascaris lumbricoides*
 - B. *Necator/Ankylostoma*
 - C. *Wuchereria bancrofti*
 - D. *Enterobius*
 - E. *Shcistosoma japonicum*

5. Di antara kelompok cacing berikut ini yang mempunyai tingkatan evolusi paling tinggi adalah
 - A. Platyhelminthes
 - B. Nematelminthes
 - C. Annelida
 - D. Cestoda
 - E. Turbellaria

6. Annelida dibagi menjadi tiga kelas berdasarkan
 - A. ada tidaknya rambut/seta
 - B. simetri tubuhnya
 - C. persamaan dan perbedaan struktur tubuh
 - D. bentuk alat geraknya
 - E. zat penyusun tubuhnya

7. Ciri utama hewan yang dikelompokkan dalam fila Arthropoda adalah
 - A. mempunyai tubuh aselomata
 - B. tubuhnya simetri bilateral
 - C. tubuhnya lunak
 - D. mempunyai cangkang
 - E. mempunyai kaki beruas-ruas

8. Di antara cacing Platyhelminthes berikut ini yang hidup bebas adalah
 - A. *Fasciola hepatica*
 - B. *Schistosoma japonicum*
 - C. *Planaria*
 - D. *Taenia solium*
 - E. *Taenia saginata*

9. Echinodermata merupakan hewan yang mempunyai tubuh
 - A. Diploblastik selomata
 - B. Triploblastik selomata
 - C. Triploblastik pseudoselomata
 - D. Diploblastik pseudoselomata
 - E. Triploblastik aselomata

9. Kelompok hewan yang termasuk pseudoselomata adalah
- A. Protozoa dan Porifera
 - B. Protozoa dan Platyhelminthes
 - C. Annelida dan Arthropoda
 - D. Porifera dan Nematelminthes
 - E. Chordata dan Porifera
10. Pada Coelenterata, di antara lapisan epidermis dan gastrodermisnya terdapat lapisan nonseluler atau tidak bersel yang disebut
- A. Mesoglea
 - B. Gastozyoid
 - C. Gonozoid
 - D. Nematokist
 - E. Medusa
11. Dari kelima kelas yang terdapat pada filum Mollusca, yang mempunyai jumlah spesies terbesar adalah kelas
- A. Amphineura
 - B. Gastropoda
 - C. Scaphopoda
 - D. Pelecypoda
 - E. Cephalopoda
12. Ikan ini tidak berahang, tidak ada pasangan sirip, lubang hidung tunggal, mulut terletak di sebelah ujung. Makanan diperoleh dengan cara mengisap cairan tubuh mangsa. Ikan ini termasuk kelompok
- A. Agnatha
 - B. Chondrichthyes
 - C. Osteichthyes
 - D. Pisces
 - E. Lamprey
13. Ikan hiu dan pari merupakan ikan bertulang rawan. Tubuhnya ditutupi dengan sisik tipe
- A. Stenoid
 - B. Ganoid
 - C. Sikloid
 - D. Plakoid
 - E. Stenoid dan Sikloid

14. Osteichthyes yang bentuk tubuhnya tidak sesuai dengan gambaran ikan pada umumnya, yaitu
- A. Lele
 - B. Belut
 - C. Ikan buntal
 - D. Pari
 - E. Kuda laut
15. Pengertian Amfibi adalah
- A. hidup di dua alam, darat dan air, bernapas dengan paru-paru
 - B. kadang hidup di darat, kadang hidup di air; semua bernapas dengan paru-paru
 - C. masa hidup di air dengan insang, masa hidup di darat dengan paru-paru
 - D. masa reproduksi di air, selain itu hidup di darat
 - E. hidup di air dan di darat dengan insang sebagai alat bernapas
116. Kelompok reptilia ada yang bersifat ovovivipar, yaitu . . . (1) dan ovipar dengan cangkang telur lunak, yaitu . . . (2)
- A. (1) Chelonia (2) Lacertilia
 - B. (1) Crocodilia (2) Ophidia
 - C. (1) Lacertilia (2) Chelonia
 - D. (1) Lacertilia (2) Ophidia
 - E. (1) Crocodilia (2) Chelonia
17. Di antara hewan di bawah ini, yang berparuh, bertelur, dan berbulu, yaitu
- A. Platypus
 - B. Maleo
 - C. Kura-kura
 - D. Echidna
 - E. Katak
18. Ciri mamalia yang tidak dimiliki oleh vertebrata lain, yaitu
- A. berbulu dan menyusui
 - B. berambut dan menyusui
 - C. berbulu dan bertelur
 - D. menyusui dan memiliki uterus
 - E. berbulu dan menyusui

19. Memakan daging babi apalagi yang kurang matang akan berbahaya bagi kita karena di dalamnya mungkin terkandung
- A. telur cacing pita
 - B. sistiserkus cacing pita
 - C. larva onkosfer cacing pita
 - D. proglotid cacing pita
 - E. zigot cacing pita
20. Kelas pada Protozoa yang semuanya bersifat parasit adalah
- A. Rhizzopoda
 - B. Flagelata
 - C. Sporozzoa
 - D. Siliata
 - E. Rhizopoda dan Flagellata

B. Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan jelas dan singkat.

1. Pada kelompok hewan metazoa, ada yang disebut hewan diploblastik dan triploblastik. Jelaskan arti kedua istilah tersebut didasarkan pada lapisan yang membangunnya!
2. Protozoa dibagi menjadi 4 kelas. Sebutkan keempat kelas itu dan jelaskan hal yang menjadi dasar dari klasifikasi tersebut!
3. Beberapa jenis Protozoa merupakan penyebab penyakit yang cukup berbahaya bagi manusia. Sebutkan jenis-jenis Protozoa tersebut dan penyakit yang ditimbulkannya!
4. Ada suatu jenis Protozoa yang sering juga dikelompokkan dalam dunia tumbuhan. Berikan contoh Protozoa tersebut dan jelaskan alasan mereka sering dikelompokkan dalam dunia tumbuhan!
5. Beberapa jenis Porifera dapat dipakai untuk spons mandi. Jelaskan bagian dari tubuhnya yang dapat digunakan dan sebutkan zat yang membangunnya!
6. Dalam pergiliran keturunan hewan Coelenterata, didapati dua tipe bentuk tubuh. Jelaskan kedua tipe tersebut dan apa perbedaannya!
7. Salah satu kelas dari Coelenterata dapat membentuk rumah dari kapur. Jelaskan kelas Coelenterata tersebut! Disebut apakah rumah kapur yang dibentuknya?
8. Beberapa cacing Trematoda merupakan parasit pada hewan dan manusia. Sebutkan contoh cacing-cacing tersebut dan jelaskan secara singkat daur hidupnya!

9. Serangga (Insekta) banyak yang bersifat merugikan, tetapi banyak pula yang menguntungkan. Dalam hal apa saja serangga dapat bersifat merugikan dan menguntungkan?
10. Buatlah tabel yang menunjukkan pengelompokan vertebrata dengan ciri-ciri utamanya.
11. Jelaskan dengan terperinci, peranan vertebrata bagi kehidupan manusia.
12. Coba identifikasi, jenis hewan yang merupakan peralihan dari jenis-jenis burung ke Mamalia. Jelaskan alasannya.
13. Tuliskan kelompok vertebrata yang bersifat homoiotermis. Mengapa kelompok-kelompok tersebut demikian?
14. Coba identifikasi, kelompok vertebrata mana yang ragam jenisnya paling banyak dan mana yang paling sedikit?
15. Invertebrata merupakan kelompok hewan yang mempunyai anggota yang sangat luas dan dibedakan atas dua kelompok besar, yaitu Protozoa dan Metazoa. Jelaskan secara singkat perbedaan mendasar antara keduanya!

Bab IX

Ekosistem dan Peranan Manusia dalam Ekosistem



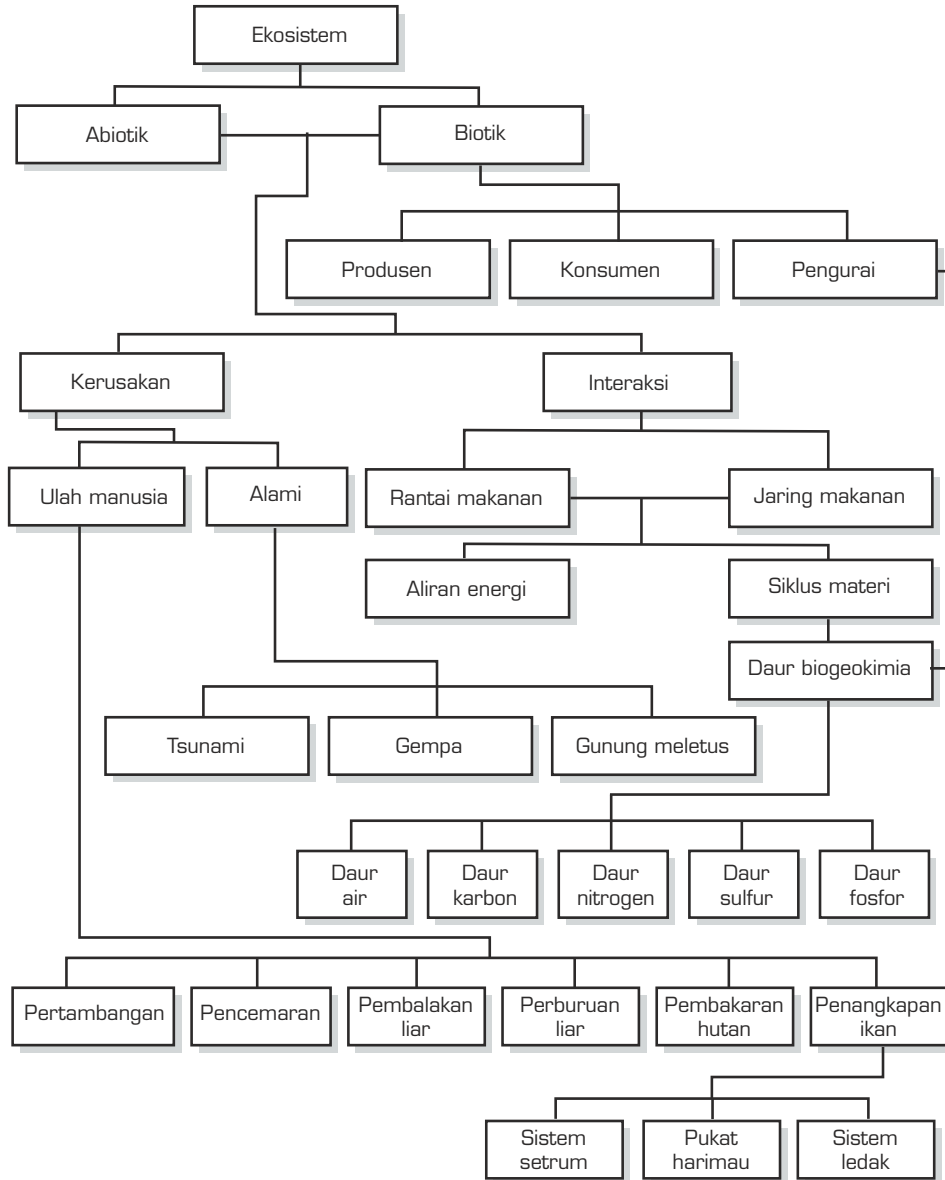
Sumber: Keanekaragaman Hayati di Indonesia

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat:

1. mendeskripsikan peran komponen ekosistem dalam aliran energi dan daur biogeokimia serta pemanfaatan komponen ekosistem bagi kehidupan;
2. menjelaskan keterkaitan antara kegiatan manusia dengan masalah perusakan/ pencemaran lingkungan dan pelestarian lingkungan;
3. menganalisis jenis-jenis limbah dan daur ulang limbah;
4. membuat produk daur ulang limbah.
5. menjelaskan siklus karbon, siklus nitrogen, siklus pospor, dan siklus sulfur;
6. membedakan suksesi primer dan suksesi sekunder;
7. menyebutkan hal-hal dapat menyebabkan menciutnya areal hutan;
8. menyebutkan penyebab polusi tanah, air, dan udara;
9. menjelaskan indikator air yang tercemar;
10. menjelaskan dampak pemanasan global dan hujan asam;
11. melakukan tindakan positif mengelola limbah.

PETA KONSEP



Adanya kebutuhan hidup menyebabkan manusia selalu memiliki minat yang kuat pada organisme lain dan lingkungannya. Pada kenyataannya lingkungan menyediakan berbagai sumber alam yang sangat dibutuhkan manusia mulai dari papan, sandang, dan pangan. Kelangsungan hidup manusia dan juga organisme lain sangat ditentukan apabila ekosistem dalam keadaan seimbang. Permasalahannya, apakah ekosistem di alam ini selalu dalam keadaan seimbang? Apakah yang dimaksud seimbang? Mengapa ekosistem dapat berubah? Apakah dampak-dampak akibat perubahan ekosistem? Upaya-upaya apa yang dapat dilakukan oleh manusia? Sejumlah pertanyaan di atas akan terjawab dalam pembahasan bab ini, dan untuk memberi gambaran mengenai pokok-pokok penting dalam bab ekosistem dapat kamu lihat bagan konsep di halaman sebelumnya.

Suatu kenyataan bahwa setiap makhluk hidup tidak mungkin hidup sendiri. Setiap makhluk hidup sangat dipengaruhi dan memengaruhi lingkungan hidupnya. Hubungan saling memengaruhi (timbang balik) antara makhluk hidup dan lingkungannya ini dipelajari dalam ilmu **ekologi**.

Mula-mula Geoffrey St. Hilaire (tahun 1859) menggunakan istilah ekologi untuk mempelajari hubungan antara organisme hidup dalam keluarganya atau masyarakatnya dengan lingkungan alamnya. Kemudian pada tahun 1894 St George Jackson Milvart memperkenalkan istilah hexicology dan tahun 1866 Ernest Haeckel mengemukakan istilah ekologi.

Ekologi, berasal dari bahasa Yunani **oikos** artinya rumah (tempat hidup) dan **logos** artinya ilmu, sehingga ekologi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari interaksi di antara makhluk-makhluk baik di rumahnya, di tempat tinggalnya, di alamnya, atau di lingkungan hidupnya.

Makhluk hidup dan lingkungannya dapat dipandang sebagai satu kesatuan atau sistem. Sistem ini mengandung arti sebagai suatu kesatuan komponen-komponen yang saling berhubungan secara fungsional dan kait-mengait secara teratur. Sistem yang demikian disebut **biosistem**. Seluruh biosistem yang ada di alam di sebut **biosfer**.

Dalam bab ini akan dibahas mengenai komponen ekosistem, rantai makanan dan jaring-jaring makanan, piramida energi, siklus materi dan aliran energi, perubahan ekosistem, dan pengelolaan limbah.

A. Komponen Ekosistem

Pernahkah kamu mengamati kolam atau sawah? Jika belum, amati sebuah kolam atau sawah yang terdekat dengan tempat tinggalmu! Apa saja yang terdapat di kolam tersebut? Kita pasti dapat menemukan berbagai jenis tumbuhan air, seperti lumut dan ganggang, mungkin juga rumput atau tumbuhan tinggi, ikan, dan hewan air lainnya. Dengan kata lain, kita dapat

menemukan berbagai jenis makhluk hidup. Setiap makhluk hidup jumlahnya lebih dari satu. Satu makhluk hidup disebut **individu**. Kumpulan makhluk hidup (individu) sejenis disebut **populasi**. Jadi, di sawah mungkin terdapat populasi ikan, populasi katak, populasi belalang, dan populasi padi. Di kolam mungkin terdapat populasi ganggang hijau, protozoa, ikan mujair, dan populasi keong.

Adapun kesatuan seluruh populasi di suatu tempat atau daerah tertentu dinamakan **komunitas**. Makhluk hidup senantiasa hidup atau tinggal di tempat tertentu. Daerah khas tempat makhluk hidup biasa tinggal ini disebut **habitat**. Belut habitatnya di sawah, ikan emas habitatnya di air tawar, ikan paus habitatnya di laut. Jadi, kalau kita ingin menemukan suatu jenis organisme tertentu kita harus mengunjungi habitat organisme itu.

Ruang fisik (habitat) yang ditempati ataupun peran fungsional organisme dalam komunitas disebut **niche** (nicia atau relung). Dalam pengertiannya, nisia ini diperhitungkan juga apa yang dilakukan organisme, misalnya bagaimana mengubah energi, berperilaku, bereaksi terhadap lingkungan fisik maupun biotik atau memengaruhi dan mengubah lingkungannya. Odum mengemukakan habitat adalah alamat organisme, dan **nicia** (relung) adalah profesi atau pekerjaan organisme.

Di antara komunitas selalu terjadi interaksi, bukan hanya antarpopulasi, melainkan juga dengan faktor-faktor geologi, kimia, dan fisika lingkungan. Interaksi ini terutama dalam materi dan energi, membentuk suatu sistem yang disebut **ekosistem**.

Di atas telah disebutkan bahwa ekosistem adalah satu kesatuan komponen yang saling berhubungan secara fungsional dan kait-mengait secara teratur. Apa sajakah komponen-komponen tersebut? Untuk mempelajari komponen-komponen dan faktor-faktor lain yang memengaruhi ekosistem marilah kita lakukan kegiatan berikut.

KEGIATAN 9.1

Mengamati Komponen-Komponen Ekosistem

1. Tentukan lokasi atau daerah yang akan diamati, misalnya kolam, danau, sungai, sawah, atau di sekitar halaman sekolah.
2. Benda-benda apa saja yang terdapat dalam ekosistem tersebut?
3. Adakah hal-hal lain (yang tidak tampak) yang sebenarnya sangat memengaruhi keadaan ekosistem tersebut? Kalau ada hal apakah itu, dan bagaimana mengukurnya? Dalam hal ini minta bantuan gurumu!
4. Catat hasil pengamatanmu dalam sebuah tabel!
5. Bagaimana kesimpulan dari kegiatan ini?

Perhatikan tabel yang kamu peroleh! Tampak bahwa lingkungan (segala sesuatu di sekitar makhluk hidup) dibedakan menjadi dua macam, yaitu komponen abiotik dan komponen biotik. Apa saja yang termasuk komponen abiotik dan apa saja yang termasuk komponen biotik?

1. Komponen Abiotik

Arti kata “a” adalah tidak dan “bio” adalah hidup, maka komponen abiotik adalah kondisi fisik seperti air, tanah, udara, cahaya, suhu, kelembapan, fotografi, kadar garam, pH, dan curah hujan.

a. Air

Air diperlukan oleh tumbuhan untuk fotosintesis. Selain itu, air juga berguna untuk melarutkan mineral dalam tanah sehingga mudah diserap oleh akar tumbuhan, dan menjaga kesegaran tumbuhan. Bagi hewan darat air berguna untuk minum, sedangkan bagi hewan air, air untuk melarutkan oksigen.

b. Tanah

Tanah bertindak sebagai substrat atau tempat hidup organisme. Tanah juga menyediakan kebutuhan makhluk hidup seperti unsur hara dan mineral. Suatu jenis individu mungkin tidak cocok hidup di sembarang tanah, sebab tanah yang berbeda mungkin memiliki pH yang berbeda, kelembapan yang berbeda ataupun tingkat kesuburan yang berbeda.

c. Cahaya

Cahaya matahari merupakan komponen abiotik yang berfungsi sebagai energi primer bagi ekosistem. Sebagai sumber energi utama, cahaya matahari penting untuk proses fotosintesis.

d. Topografi

Topografi meliputi faktor altitude, yaitu ketinggian suatu tempat yang diukur dari permukaan laut dan latitude, yaitu letak lintang yang diukur dari garis khatulistiwa. Topografi mempunyai pengaruh yang besar terhadap penyebaran makhluk hidup, yang tampak jelas pada penyebaran tumbuhan. Hal ini disebabkan adanya perbedaan topografi yang mengakibatkan intensitas cahaya, suhu, dan curah hujan berbeda-beda di setiap tempat.

e. Iklim

Iklim merupakan komponen abiotik yang terbentuk sebagai hasil interaksi berbagai komponen abiotik lainnya, seperti kelembapan udara, suhu, dan curah hujan. Iklim sangat memengaruhi kesuburan tanah, tetapi kesuburan tanah tidak berpengaruh terhadap iklim.

2. Komponen Biotik

Berdasarkan Kegiatan 9.1, selain komponen-komponen abiotik yang telah disebutkan di atas, kamu juga menemukan komponen-komponen biotik. Perhatikan tabel yang kamu peroleh dari Kegiatan 9.1. Jika yang kamu amati kolam, tentu kamu menemukan tumbuhan air, seperti alga (ganggang), eceng gondok, dan rumput. Selain tumbuhan, kamu juga menemukan hewan-hewan air seperti ikan, katak, keong, dan serangga air. Jika yang kamu amati padang rumput kamu dapat menemukan berbagai jenis rumput, serangga tanah, dan cacing. Bahkan di pohon besar kamu dapat menemukan serangga, lumut, lumut kerak, dan berbagai jenis paku.

Berbagai jenis makhluk hidup yang terdapat dalam ekosistem disebut **komponen biotik**. Termasuk ke dalamnya jenis organisme yang sangat kecil, seperti bakteri, protozoa, dan jamur. Setiap makhluk hidup mempunyai fungsi dan tugas yang berbeda-beda dalam lingkungannya

Secara garis besar, jabatan atau fungsi organisme dalam suatu komunitas dibedakan menjadi 4 kelompok, yaitu produsen, konsumen, pengurai, dan detritivor.

a. Produsen

Produsen atau penghasil terdiri atas organisme autotrof, yaitu organisme yang dapat menyintesis (membuat) makanan sendiri. Organisme autotrof mampu menyusun senyawa organik dari senyawa anorganik melalui fotosintesis atau kemosintesis. Organisme autotrof biasanya adalah tumbuhan berklorofil, beberapa jenis bakteri, dan ganggang biru.

b. Konsumen

Konsumen atau pemakai terdiri atas organisme heterotrof, yaitu organisme yang menggunakan senyawa organik yang dihasilkan oleh produsen. Termasuk ke dalam konsumen adalah hewan dan manusia.

c. Pengurai

Pengurai disebut juga perombak atau **dekomposer**, adalah organisme heterotrof yang menguraikan produsen dan konsumen yang sudah mati. Dalam penguraiannya, materi organik yang kompleks akan diubah menjadi

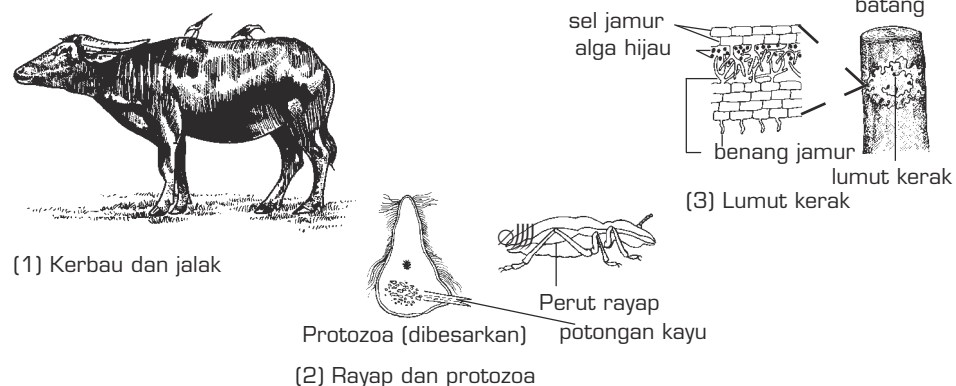
materi yang lebih sederhana dan akhirnya menjadi mineral-mineral yang dimanfaatkan kembali oleh produsen. Pengurai umumnya berupa mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Bisakah kamu bayangkan apabila tidak ada pengurai dalam ekosistem?

d. Detritivor

Selain pengurai, ada kelompok mikroorganisme yang termasuk **detritivor**. Detritivor adalah organisme yang memakan bahan organik (sampah-serasah) menjadi partikel-partikel yang lebih kecil (detritus), misalnya cacing tanah, serangga tanah, siput, keluwang, dan tripang.

Keempat komponen di atas tidak berdiri sendiri tetapi saling berinteraksi. Bentuk interaksi tersebut bermacam-macam, misalnya simbiosis mutualisme, komensalisme, dan parasitisme.

Simbiosis mutualisme adalah hubungan antar organisme yang saling menguntungkan. Contoh simbiosis mutualisme dapat kamu lihat pada Gambar 9.1.

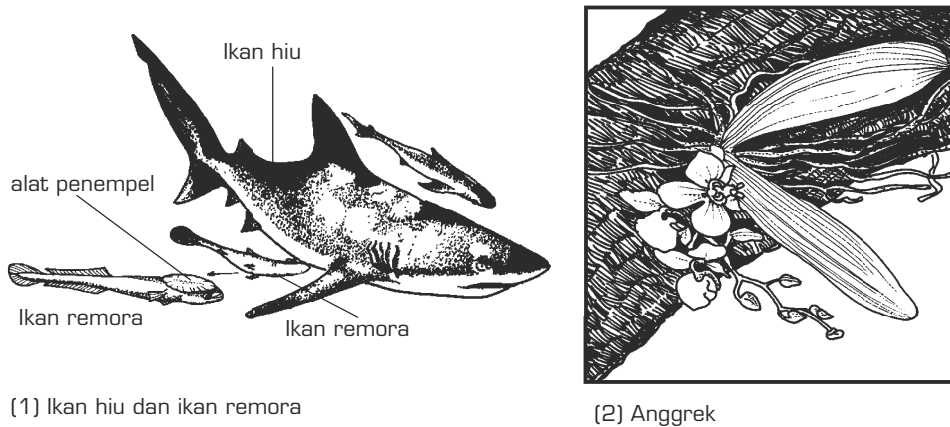


Gambar 9.1 Simbiosis mutualisme

Sumber: *Biology*, Barrett

- (1) Burung jalak hinggap pada punggung kerbau untuk memakan kutu. Burung mendapat makanan dan kerbau lepas dari gangguan kutu.
- (2) Rayap tak mampu mencerna kayu yang menjadi makanannya. Di dalam perut rayap terdapat protozoa (hewan bersel satu) yang membantu mencerna kayu (selulosa). Hasil pencernaan itu digunakan oleh rayap dan protozoa sebagai sumber energi. Protozoa tak dapat mencari makan sendiri.
- (3) Lumut kerak merupakan simbiosis antara alga dan jamur. Alga dapat membuat makanan karena berklorofil, sedangkan jamur mampu mengikat nitrogen bebas dari udara dan menyerap air. Bahan fotosintesis diambil oleh jamur, sedangkan fotosintesis terjadi pada alga. Hasilnya dimanfaatkan oleh kedua organisme.

Sebelum kita membahas tentang simbiosis komensalisme, pelajarilah contoh-contoh pada Gambar 9.2.



(1) Ikan hiu dan ikan remora

(2) Anggrek

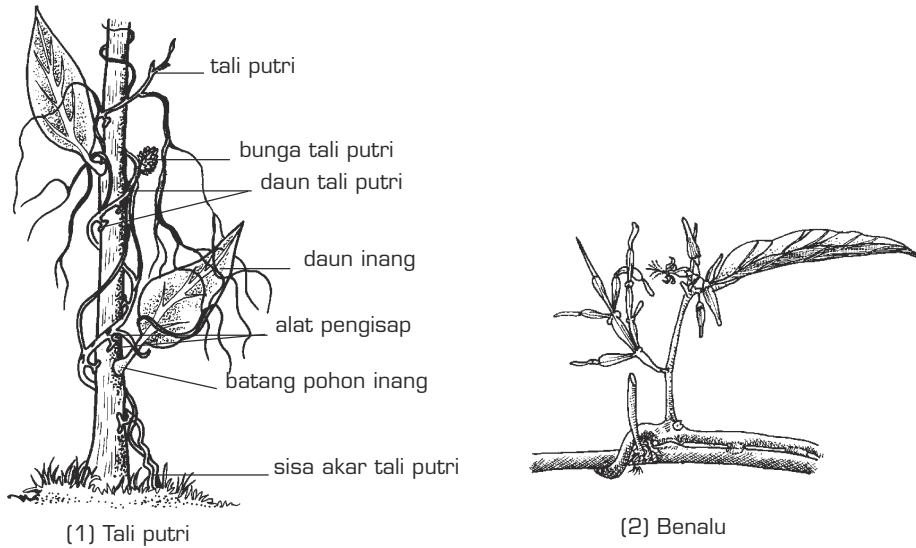
Sumber: *Biology, Barrett*

Gambar 9.2 Simbiosis komensalisme

- (1) Ikan remora mempunyai alat penempel pada punggungnya untuk menempel pada tubuh ikan hiu. Dengan menempel pada tubuh ikan hiu, ikan remora terbawa ke mana-mana. Selain mendapat perlindungan, daerah untuk mencari makan ikan remora menjadi lebih luas, sedangkan ikan hiu tidak mendapat untung, juga tidak dirugikan.
- (2) Dengan menempel pada pohon yang tinggi, anggrek memperoleh cahaya matahari dan air (kelembapan tinggi). Anggrek dapat berfotosintesis, dan bahan-bahannya diambil dari zat-zat yang terlarut dalam air. Pohon yang ditumpanginya tidak untung dan tidak dirugikan. Anggrek hidup secara epifit.

Berdasarkan contoh-contoh tadi, dapatkah kamu sebutkan organisme mana yang mendapat keuntungan? Jika salah satu organisme dari simbiosis mendapat keuntungan, dan organisme lain tidak untung juga tidak dirugikan, simbiosis seperti itu disebut **simbiosis komensalisme**. Carilah contoh yang lain.

Simbiosis parasitisme adalah hubungan antara organisme yang satu diuntungkan, sedang organisme yang lainnya dirugikan. Misalnya, parasit malaria yang hidup di dalam tubuh manusia. Parasit ini disebut Plasmodium (termasuk hewan bersel satu), memakan butir-butir darah merah. Siapa yang dirugikan? Mari kita pelajari contoh-contoh berikut!



Sumber: *Biology*, Barrett

Gambar 9.3 Contoh simbiosis parasitisme

- (1) Tali putri adalah tanaman berbentuk benang berwarna kuning. Benang-benang ini membelit tumbuhan inang untuk mengisap zat-zat makanan yang sudah jadi dari tubuh inang.
- (2) Benalu menempel pada tumbuhan inang, mengisap air dan garam-garam mineral dari tumbuhan inang untuk fotosintesis. Benalu mempunyai klorofil, jadi dapat membuat makanan sendiri.

Berdasarkan contoh-contoh di atas, coba kamu sebutkan organisme yang beruntung dan organisme yang dirugikan! Interaksi yang terjadi pada simbiosis parasitisme menguntungkan salah satu organisme yang bersekutu, sedangkan organisme yang lainnya dirugikan. Samakah sifat parasit pada tali putri dan benalu?

Tali putri mengambil makanan yang sudah jadi, tidak dapat membuat makanan sendiri. Parasit semacam ini adalah **parasit sejati**, dan disebut **parasit obligat**. Berbeda dengan benalu yang hanya mengisap air dan garam-garam tanah, organisme ini dapat membuat makanan sendiri. Parasit semacam ini disebut **parasit sebagian** atau **parasit fakultatif**.

Parasit pada tumbuhan dapat berupa tumbuhan lain seperti tali putri pada tanaman pagar. Parasit yang sangat merugikan adalah jamur parasit yang masuk ke jaringan inangnya. Tumbuhan yang terserang jamur, produksinya menurun, misalnya jamur yang menyerang tanaman kentang. Parasit pada hewan dan manusia dapat berupa protozoa (ameba, plasmodium), bakteri, jamur, cacing, dan kutu.

B. Rantai Makanan dan Jaring-Jaring Makanan

Masih ingatkah kamu mengenai pengertian produsen? Apa yang terjadi dengan senyawa organik yang dihasilkan oleh produsen? Beberapa di antaranya dipanen oleh hewan pemakan tumbuhan yaitu herbivora. Herbivora bukan hanya sapi atau rusa, tetapi juga serangga. Sebagian hasil tumbuhan dikonsumsi oleh organisme penghancur (fungi dan bakteri) dan pada komunitas tertentu sedikit hasil bersih tersimpan (seperti timbunan gambut di rawa).

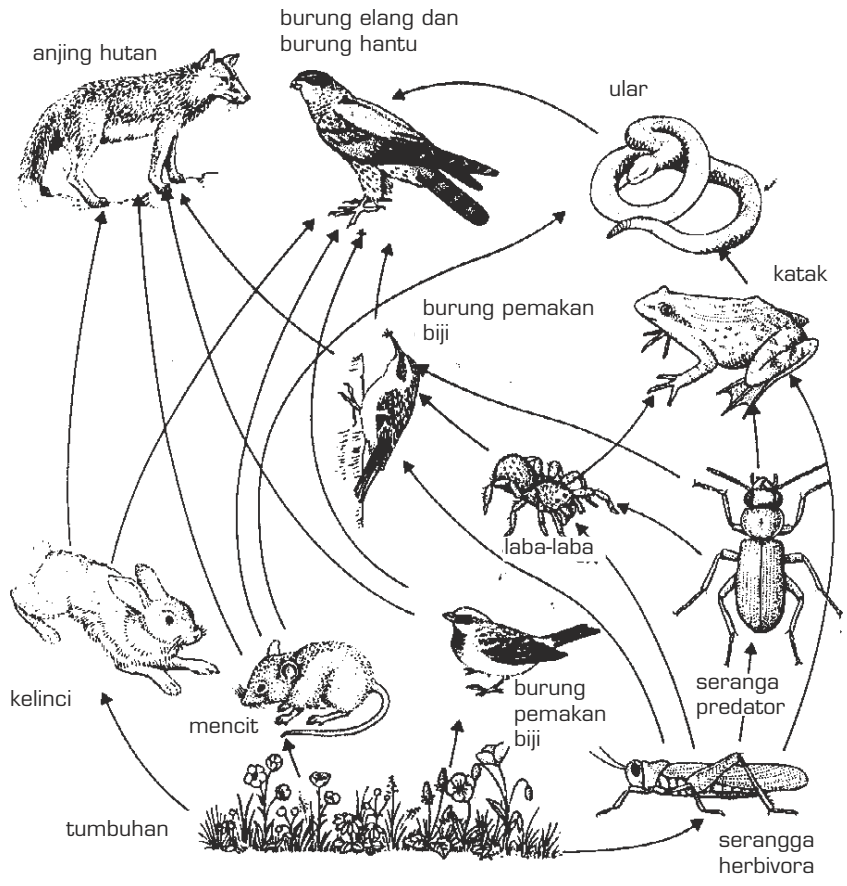
Pada hutan muda, jumlah total bahan organik makin meningkat setiap tahun dengan meningkatnya ukuran pohon. Keadaan ini juga merupakan penyimpanan, tetapi jika hutan menjadi dewasa, bahan organik akan hilang karena kematian dan kehancuran. Energi yang hilang (hancur) tersebut, jika ditambahkan dengan kehilangan karena dimakan hewan, jumlahnya sama dengan produk bersih tumbuhan. Dalam hal ini tidak ada pertambahan lebih lanjut dalam biomassa dari tahun ke tahun. Istilah biomassa digunakan untuk melukiskan seluruh bahan organik yang terdapat dalam satu ekosistem. Jika sebagian biomassa suatu tumbuhan dimakan, energi itu diteruskan ke suatu heterotrof. Pada belalang misalnya, untuk tumbuh dan melaksanakan kegiatannya berkat energi yang tersimpan dalam tumbuhan yang dimakannya.

Pada gilirannya, herbivora akan menyediakan makanan untuk karnivora. Belalang tadi dapat dimakan oleh katak. Proses pemindahan energi dari makhluk ke makhluk dapat berlanjut. Katak dapat dimakan oleh ular, yang pada gilirannya ular dimakan oleh burung elang. Lintasan konsumsi makanan seperti di atas disebut **Rantai Makanan**, atau "food chains". Semua rantai makanan berasal dari organisme autotrofik. Lihat bagan di bawah ini.

Rumput \emptyset belalang \emptyset katak \emptyset ular \emptyset burung elang \emptyset bakteri pengurai
Autotrof (produsen) \emptyset herbivora (konsumen primer) \emptyset karnivora
(konsumen sekunder, tersier) \emptyset pengurai

Organisme yang langsung memakan tumbuhan disebut herbivor (konsumen primer), yang memakan herbivor disebut karnivor (konsumen sekunder), dan yang memakan konsumen sekunder disebut konsumen tersier. Setiap tingkatan organisme dalam satu rantai makanan disebut **tingkatan tropik**.

Dalam ekosistem rantai makanan-rantai makanan itu saling bertalian. Kebanyakan sejenis hewan memakan yang beragam, dan makhluk tersebut pada gilirannya juga menyediakan makanan berbagai makhluk yang memakannya, maka terjadi yang dinamakan **jaring-jaring makanan (food web)**, lihat Gambar 9.4.



Gambar 9.4 Jaring-jaring makanan

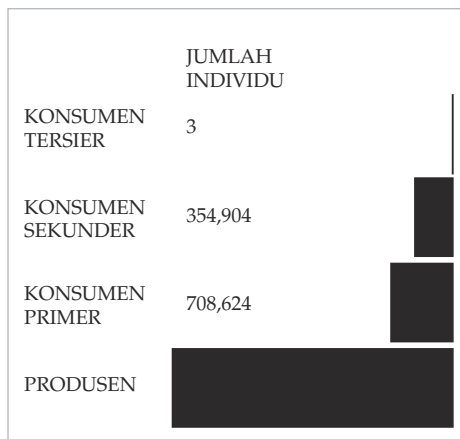
Sumber: *Advanced Biology, Clegg*

C. Piramida Ekologi

Pada rantai makanan kamu telah mengetahui tentang tingkat trofik yang terdiri atas produsen, konsumen I, konsumen II, dan seterusnya. Umumnya tingkat trofik pada suatu habitat hanya terdiri atas empat sampai lima tingkatan.

Produsen selalu menempati tingkat trofik yang pertama, herbivora menempati tingkat trofik yang kedua, karnivora primer menempati tingkat trofik ketiga dan seterusnya. Yang perlu diingat adalah bahwa pada setiap perpindahan (transfer) energi ada panas yang dilepaskan. Dengan demikian, pada rantai makanan yang panjang, energi yang tersedia untuk tingkat trofik paling tinggi adalah **makin sedikit** sehingga dapat digambarkan dalam suatu **piramida**. Piramida ini dikenal dengan istilah **piramida ekologi**. Piramida ekologi dibedakan menjadi tiga macam.

1. Piramida jumlah



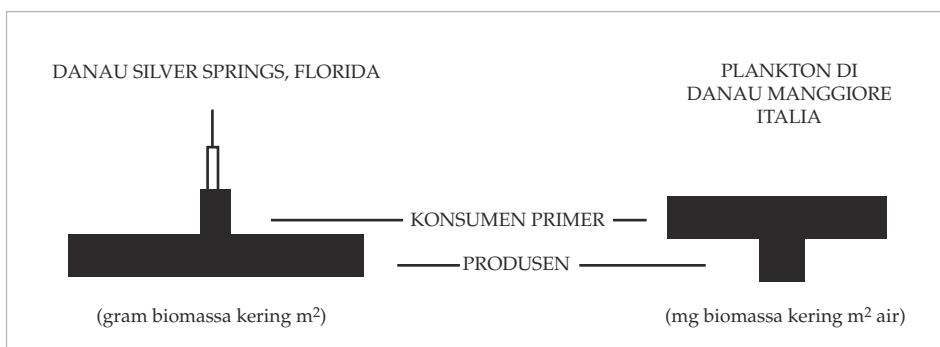
Gambar 9.5
Piramida jumlah dalam suatu taman rumput

Sumber: *Biology*, Kimball

Piramida jumlah dilukiskan dengan jumlah individu yang membangunnya. Elton (1972) yang menemukan teori ini mengatakan bahwa binatang yang menempati tingkat trofik yang lebih rendah, jumlahnya lebih banyak dibanding dengan binatang yang menempati tingkat trofik yang lebih tinggi. Dasar piramida ini digambarkan oleh produsen yang sangat banyak dan jumlah organisme menurun cepat sampai tinggal beberapa individu karnivora puncak, perhatikan Gambar 9.5.

2. Piramida Biomassa

Penggunaan piramida jumlah sering menemui kesulitan, di antaranya jika kita membandingkan dua ekosistem yang berbeda dengan menghitung berapa jumlah binatang dan tumbuhan yang mendukung ekosistem itu? Kesulitan lain, terasa kurang informatif jika kita menyamakan ganggang sebagai pohon (produsen) atau menyamakan gajah dengan udang-udangan (herbivora). Untuk mengetahui kesulitan itu, maka sering digunakan piramida biomassa. Biomassa adalah berat kering suatu organisme. Contoh piramida biomassa dapat kamu lihat pada Gambar 9.6.

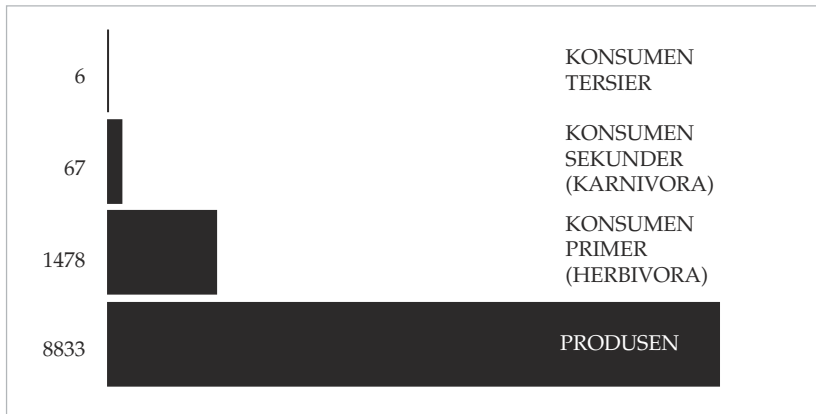


Sumber: *Biology*, Kimball

Gambar 9.6 (a) Piramida biomassa di Silver Springs, Florida. Angka-angka merupakan bobot kering bahan organik (per meter persegi). (b) Piramida terbalik biomassa dalam suatu danau. Angka-angka merupakan miligram bahan organik kering (dalam satu meter kubik air)

3. Piramida Energi

Pada piramida ini akan terlihat adanya penurunan energi yang tersedia untuk setiap tingkat trofik. Jumlah energi sebagai persediaan terbesar adalah produsen dan lebih kecil pada tingkat-tingkat trofik berikutnya. Cara paling teliti untuk mengetahui hubungan antara organisme dari berbagai tingkat trofik adalah dengan piramida energi. Hal ini disebabkan pada biomassa yang sama dari organisme yang berbeda belum tentu mempunyai kandungan energi yang sama, perhatikan Gambar 9.7.



Sumber: *Biology*, Kimball

Gambar 9.7 Piramida energi di Silver Springs, Florida. Angka merupakan hasil bersih pada setiap tingkat trofik yang dinyatakan dalam kkal/m²/tahun. (Berdasarkan data yang diperoleh Howard T. Odum).

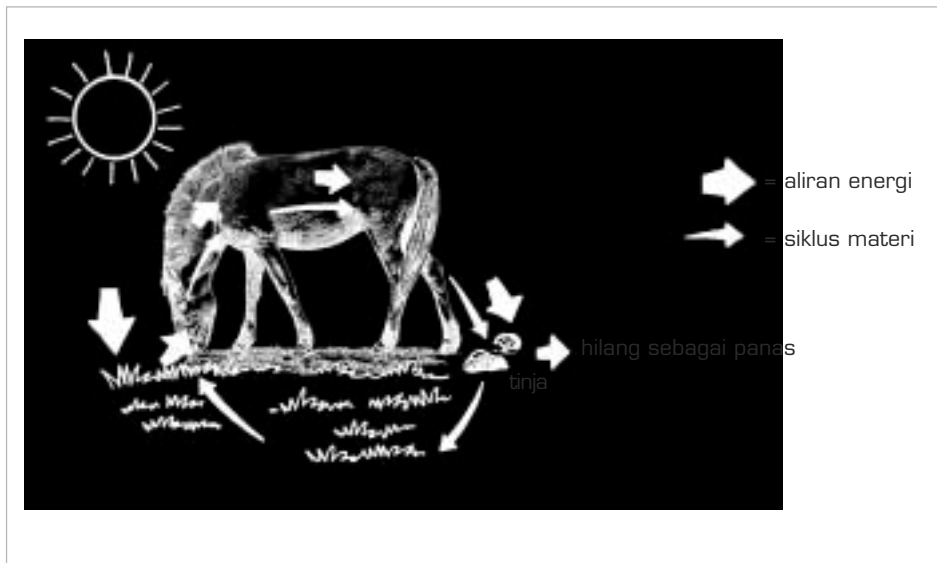
D. Siklus Materi dan Aliran Energi

Dalam pembahasan terdahulu, kita telah membahas mengenai komponen-komponen ekosistem. Komponen-komponen ekosistem tersebut bekerja secara teratur sebagai satu kesatuan. Keteraturan itu tidak lepas dari adanya siklus materi dan aliran energi.

1. Siklus Materi

Tubuh kita, hewan, tumbuhan, dan batu, tersusun oleh materi. Materi ini terdiri atas unsur kimia, seperti karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan fosfor (P). Materi tersebut dimanfaatkan oleh produsen untuk membentuk bahan organik dengan bantuan matahari atau energi yang berasal dari reaksi kimia. Bahan organik yang dihasilkan adalah sumber energi bagi organisme lain melalui proses makan dan dimakan.

Materi mengalir dari mata rantai makanan yang satu ke mata rantai yang lain. Jika makhluk hidup mati, tidak berarti aliran materi terhenti, tetapi makhluk yang mati menjadi makanan bagi makhluk hidup yang lain, misalnya bangkai hewan atau tumbuhan dimakan oleh jasad renik, seperti bakteri dan jamur dalam proses pembusukan. Sebagian hasil pembusukan tersebut adalah gas, misalnya CO_2 , cairan, dan mineral. Gas dan mineral tersebut kemudian digunakan lagi oleh tumbuhan dalam proses sintesis. Tumbuhan dimakan oleh herbivora, maka proses makan dan dimakan berulang. Dengan demikian, dapat kita katakan bahwa aliran materi merupakan suatu daur (Gambar 9.8).



Sumber: *Biology*, Kimball

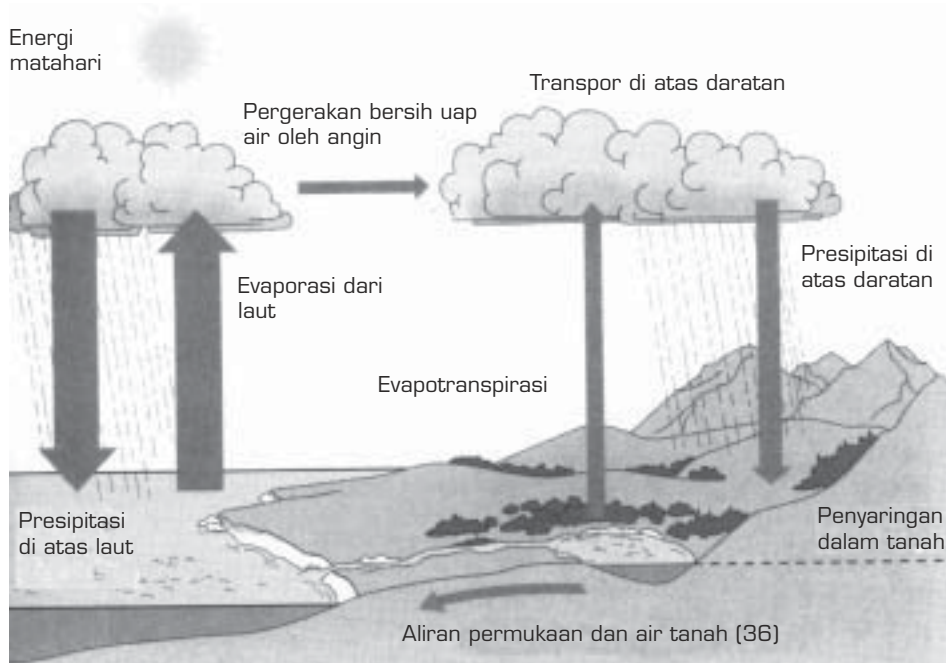
Gambar 9.8 Siklus materi, aliran energi

Materi tidak ada habis-habisnya, materi mengalir dari tubuh makhluk hidup yang satu ke tubuh makhluk yang lain dan dari dunia hidup ke dunia tak hidup, serta kembali lagi ke dunia hidup. Daur materi di atas disebut **daur biogeokimia**, yaitu daur yang melibatkan proses biologi, geologi, dan kimia. Mata rantai makhluk hidup dalam daur biogeokimia merupakan jaringan kehidupan. Aliran materi merupakan suatu daur, sedangkan aliran energi bukan suatu daur, melainkan **aliran yang searah**. Setelah melewati beberapa transformasi yang menjaga semua makhluk hidup tetap hidup, energi tersebut kembali ke angkasa luar sebagai panas. Dengan demikian, **tidak ada daur energi**.

Berikut ini, kita akan membahas daur beberapa unsur yang penting saja, yaitu daur air, daur nitrogen, daur karbon, daur fosfor, dan daur sulfur.

a. Daur Air

Meskipun hanya sebagian kecil air di bumi yang terdapat pada materi hidup, air sangat penting bagi makhluk hidup. Siklus air atau daur air digerakkan oleh energi matahari dan sebagian besar terjadi di antara lautan dan atmosfer melalui penguapan dan curah hujan. Perhatikan daur air pada Gambar 9.9.



Sumber: *Biologi jilid 3*, Campbell

Gambar 9.9 Daur air

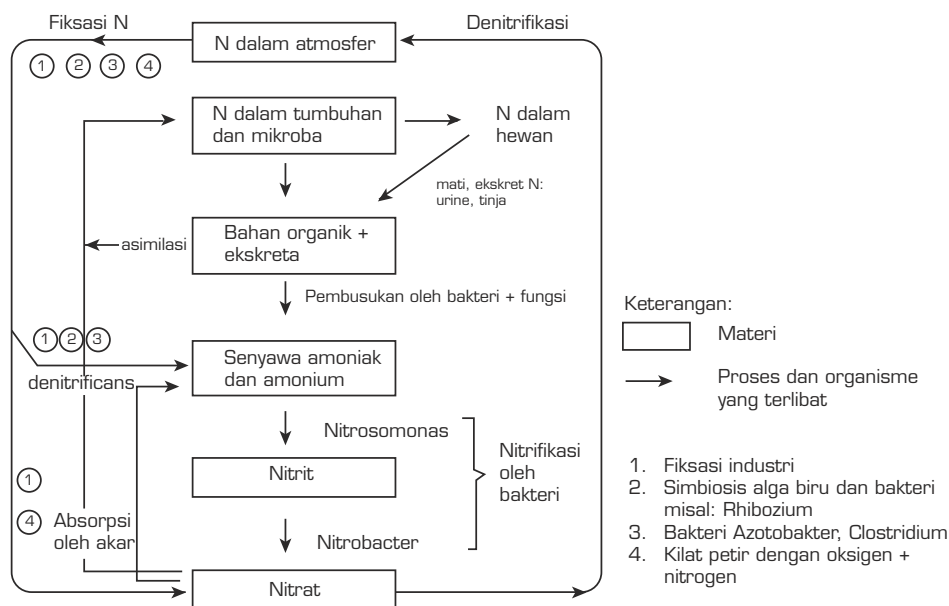
b. Daur Nitrogen

Di alam, nitrogen terdapat dalam bentuk senyawa organik, seperti urea, protein, dan asam nukleat atau sebagai senyawa anorganik, seperti amonia, nitrit, dan nitrat. Tumbuhan dan hewan membutuhkan nitrogen untuk membuat protein. Udara (atmosfer) terdiri atas berbagai gas, dan gas nitrogen terdapat kurang lebih sebanyak 80%. Namun, nitrogen tidak digunakan oleh makhluk hidup dalam bentuk gas. Tumbuhan dapat menyerap nitrogen dalam bentuk senyawa nitrit atau nitrat.

Tahap pertama daur nitrogen adalah transfer nitrogen dari atmosfer ke dalam tanah. Selain air hujan yang membawa sejumlah nitrogen, penambahan nitrogen ke dalam tanah terjadi melalui proses fiksasi nitrogen.

Fiksasi nitrogen secara biologis dapat dilakukan oleh bakteri *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan polong-polongan, bakteri *Azetobacter* dan *Clostridium*. Selain itu, ganggang hijau-biru dalam air juga memiliki kemampuan memfiksasi nitrogen. **Tahap kedua**, nitrat yang dihasilkan oleh fiksasi biologis digunakan oleh produsen (tumbuhan) diubah menjadi molekul protein (Gambar 9.10).

Selanjutnya jika tumbuhan atau hewan mati, makhluk pengurai merombaknya menjadi gas amoniak (NH_3) dan garam amonium yang larut dalam air (NH_4^+). Proses ini disebut dengan amonifikasi. Bakteri *Nitrosomonas* mengubah amoniak dan senyawa amonium menjadi nitrit oleh *Nitrobacter*, kedua proses tersebut dinamakan **nitrifikasi**. Apabila oksigen dalam tanah terbatas, nitrat dengan cepat ditransformasikan menjadi gas nitrogen atau oksida nitrogen oleh proses yang disebut denitrifikasi.



Sumber: *Biological Science*, Green

Gambar 9.10 Proses fiksasi dalam urutan besarnya

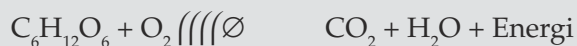
c. Daur Karbon dan Oksigen

Reservoir utama karbon adalah dalam bentuk karbon dioksida yang terdapat di atmosfer. Bumi juga memiliki karbon organik dalam bentuk batu bara, minyak bumi, tumbuhan, dan binatang. Selain itu, terdapat sejumlah kecil karbon yang masuk ke dalam tanah dalam bentuk gula, asam amino, dan senyawa lain yang disekresikan langsung oleh akar tumbuh-tumbuhan.

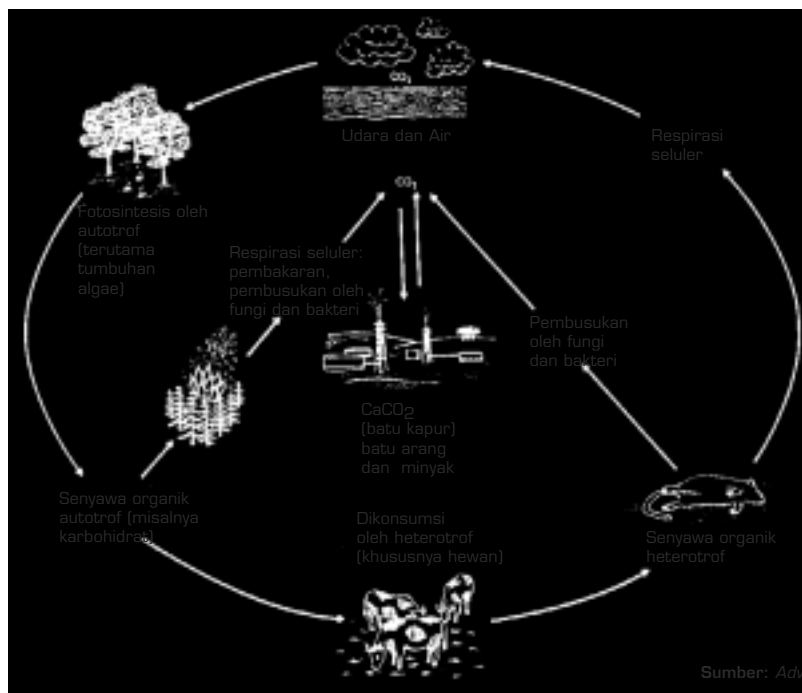
Tumbuhan dan berbagai jenis bakteri mampu menyintesis senyawa organik dari CO₂ atmosfer. CO₂ dan air yang diserap oleh tumbuhan kemudian diubah menjadi glukosa dalam proses fotosintesis. Dari proses ini dihasilkan gas oksigen. Lihat bagan berikut:



Glukosa kemudian diubah menjadi bentuk lain, seperti protein, lemak, dan amilum. Selanjutnya tumbuhan dimakan oleh hewan. Tumbuhan dan hewan melakukan respirasi, demikian juga jika hewan dan tumbuhan mati, mereka diuraikan oleh mikroorganisme dengan bantuan oksigen. Hasilnya, CO₂ dilepaskan kembali ke atmosfer. Berikut adalah reaksi umum respirasi.



Mengapa sampah berbau busuk? Hal ini terjadi karena pada proses penguraian sampah tersebut kekurangan oksigen, sehingga tidak semua senyawa organik diubah menjadi CO₂ dan energi, tetapi menjadi gas sampingan, seperti NH₃ atau H₂S (Gambar 9.10).



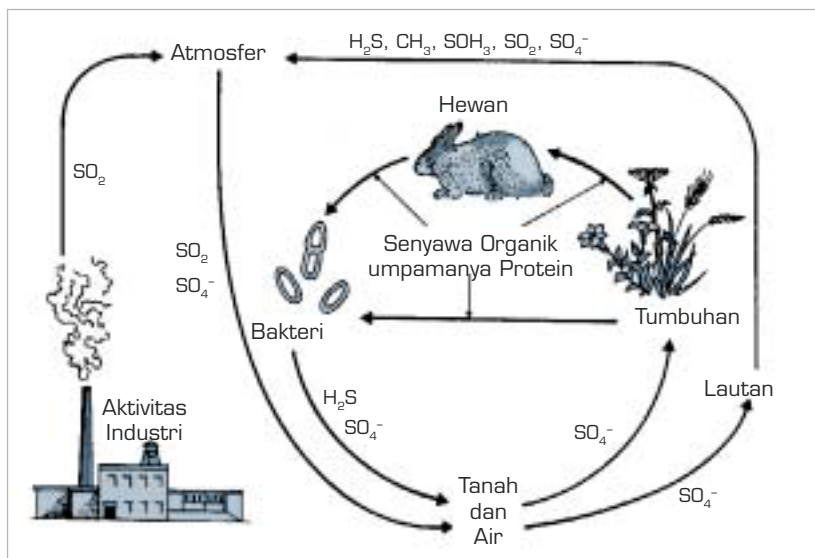
Sumber: *Advanced Biology*, Clegg

Gambar 9.11 Mikroorganisme heterotrofik pembusuk menghasilkan CO₂ melalui respirasi molekul organik yang terdapat pada tubuh tumbuhan dan tubuh hewan serta ekskreta hewan yang telah mati.

d. Daur Sulfur

Sulfur terdapat dalam bentuk sulfat anorganik. Sulfur direduksi oleh bakteri menjadi sulfida dan kadang-kadang terdapat dalam bentuk sulfur dioksida atau hidrogen sulfida. Hidrogen sulfida ini sering kali bersifat mematikan makhluk hidup di perairan, pada umumnya dihasilkan dari penguraian bahan organik yang mati. Ion sulfat kemudian diserap tumbuhan dan diubah menjadi protein. Jika jaringan tumbuhan atau binatang mati akan mengalami proses penguraian (Gambar 9.12).

Beberapa jenis bakteri dapat mengoksidasi hidrogen sulfida menjadi sulfat kembali. Besi (Fe) dalam sedimen bereaksi dengan sulfida membentuk ferosulfida (FeS) yang mengendap.



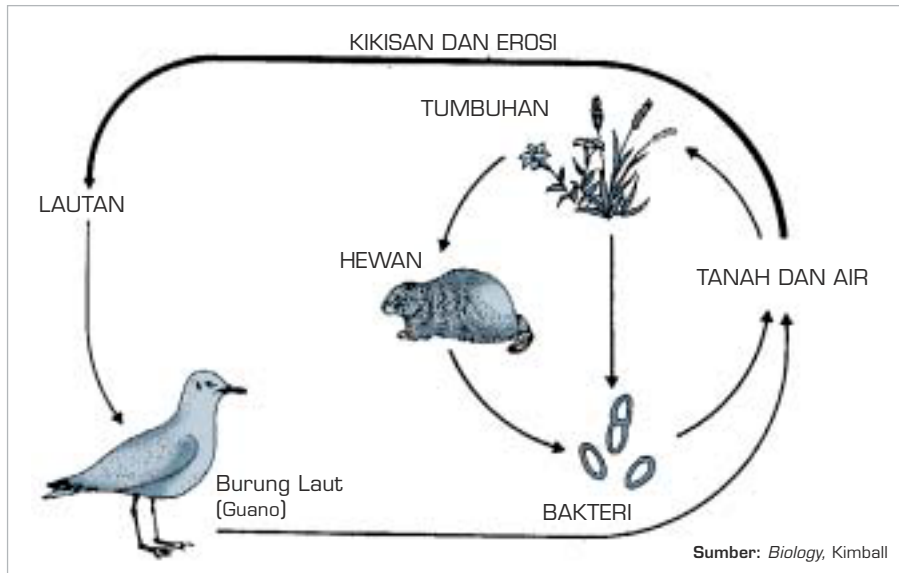
Gambar 9.12

Sumber: *Biology*, Kimball

Daur sulfur. Pembakaran bahan bakar fosil dan pencairan biji yang mengandung sulfur sangat banyak menambah pemasukan senyawa gas sulfur alam ke dalam atmosfer.

e. Daur Fosfor

Fungsi fosfor bagi makhluk hidup, antara lain fosfor dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP) merupakan **bahan bakar** (energi) bagi makhluk hidup. Cadangan fosfat yang dapat larut, dapat digunakan langsung sebagai zat hara primer dalam sintesis protein oleh tumbuhan. Melalui rantai makanan, fosfat dapat beralih ke tingkat tropik yang lebih tinggi. Jika organisme mati, fosfor dikembalikan ke tanah melalui proses penguraian. Kelebihan fosfat yang diekskresikan burung dan ikan dalam tinjanya juga mengembalikan fosfor ke lingkungan. Guano (deposit kotoran burung) juga merupakan akumulasi fosfor yang dikembalikan ke daratan (Gambar 9.13).



Gambar 9.13

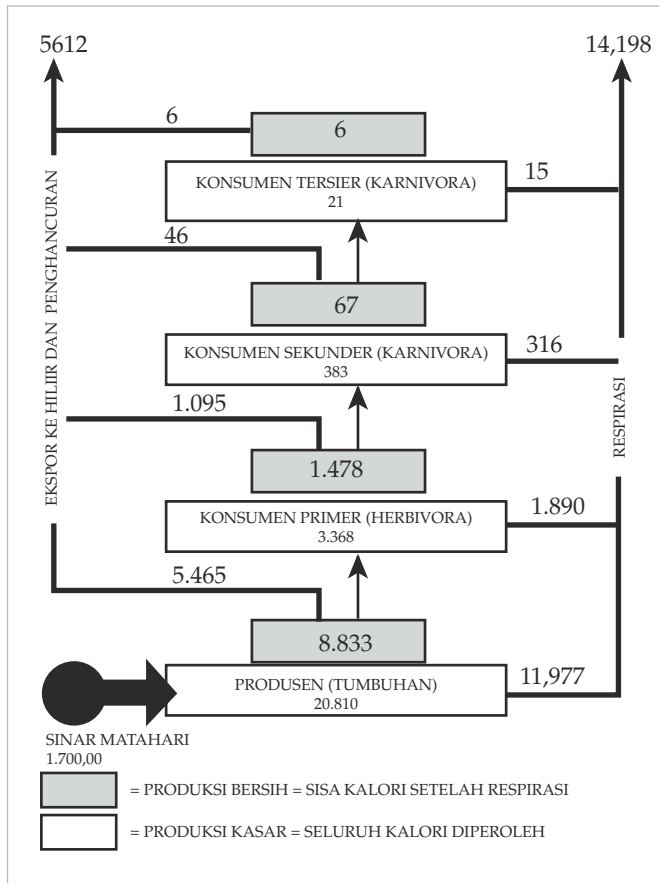
Daur fosfor. Fosfor biasanya merupakan nutrisi pembatas bagi organisme yang hidup dalam air tawar. Banyak fosfor yang sampai ke lautan hilang untuk periode yang lama bagi organisme daratan.

Aktivitas manusia dapat mengganggu siklus biologi di atas. Salah satu mata rantai siklus biogeokimia tersebut adalah terjadinya sebuah penguraian (yang dilakukan oleh mikroorganisme). Penguraian senyawa organik tersebut umumnya membutuhkan oksigen. Penambahan jumlah sampah akan membutuhkan oksigen yang lebih banyak juga. Jika kandungan oksigen terbatas, penguraian sampah menjadi tidak sempurna, akibatnya tidak semua senyawa organik diubah menjadi CO_2 , tetapi sebagian energi masih tersimpan dalam bentuk senyawa sampingan seperti NH_3 dan H_2S . Adanya senyawa-senyawa tersebut menyebabkan sampah berbau busuk.

Penguraian yang tidak sempurna ini bisa terjadi baik di darat maupun di air. Sampah organik yang melimpah di perairan akan mengganggu siklus biogeokimia di perairan tersebut. Danau, sungai atau kolam akan mengalami eutrofikasi, suatu keadaan ketika nutrisi melimpah sehingga alga tumbuh dengan subur. Alga yang memadati permukaan air menyebabkan cahaya matahari tidak sampai di bagian bawah sehingga alga di lapisan bawah menjadi mati. Matinya alga, yang juga diikuti dengan matinya organisme lain menyebabkan terjadinya pembusukan. Jika kurang oksigen, pembusukan kurang sempurna sehingga perairan menjadi berbau. Oleh karena itu, sangat penting jika masyarakat menyadari bahwa "sampah" tidak bisa dianggap remeh dan diabaikan penanganannya.

2. Aliran Energi

Beberapa usaha telah dilakukan untuk mengukur aliran energi melalui rantai makanan. Salah satu yang paling mendalam adalah yang dilakukan oleh H.T. Odum pada ekosistem Sungai **Silver Spring** di Florida, AS. Hasil penelitian Odum dapat dilihat melalui diagram di bawah ini.



Gambar 9.14 Aliran energi melalui Silver Springs, Florida. Angka diberikan dalam kkal/m²/th. Perhatikan bahan yang hilang dalam hasil bersih sebagai energi yang berlaku dari satu tingkatan trofik ke tingkatan berikutnya. (Berdasarkan data yang diperoleh Howard T. Odum).

Sumber: Modul, UT, *Ekologi Lanjutan*

Pada diagram tersebut dapat diterangkan sebagai berikut.

1. Hasil bersih produsen 8.833 kkal/th.
2. 5465 kkal dari hasil bersih diurai oleh pengurai.
3. Herbivora mengonsumsi 3.368 kkal/th.
4. 1890 kkal hilang melalui respirasi.
5. Produktivitas herbivora 1.478 kkal (17% dari produktivitas bersih).
6. Hanya 383 kkal yang dikonsumsi oleh konsumen sekunder, dan 316 kkal hilang melalui respirasi tinggal 67 kkal (4% dari produktivitas bersih produksi).

7. Dari 67 kkal yang ada di konsumen sekunder 46 kkal hilang karena hancur (hanya 21 kkal yang sampai pada konsumen tersier). Selanjutnya 15 kkal digunakan untuk respirasi dan produktivitas bersihnya hanya sebesar 6 kkal.

Akhirnya, karena tidak ada lagi karnivor yang lebih tinggi, energi tersebut diteruskan ke pengurai. Dalam ekosistem senantiasa selalu ada aliran energi. Jika kita perhatikan dalam aliran energi ini ternyata sebagian besar energi dihamburkan kembali ke alam sekitar.

E. Perubahan dan Pemeliharaan Ekosistem

Ekosistem dari waktu ke waktu mengalami perubahan. Mengapa hal itu terjadi? Apa pengaruh dari perubahan ekosistem itu bagi makhluk hidup? Lalu bagaimana cara memelihara ekosistem supaya tetap seimbang? Untuk jelasnya simak uraian selanjutnya.

1. Perubahan Ekosistem

Sepanjang masa ekosistem mengalami perubahan baik struktur maupun fungsi. Perubahan-perubahan ini mungkin hanya fluktuasi setempat yang tidak berarti, tetapi mungkin juga cukup besar sehingga dapat mengubah stabilitas hubungan suatu ekosistem.

Perubahan ekosistem disebabkan oleh hal-hal berikut.

1. Perkembangan secara alami suatu ekosistem berupa perubahan-perubahan yang berlangsung dalam ekosistem dalam perjalanannya menuju kedewasaan atau keseimbangan. Perkembangan alami ini dikenal dengan istilah **suksesi**.
2. Pengaruh atau faktor luar, biasanya akibat ulah manusia.

a. Suksesi

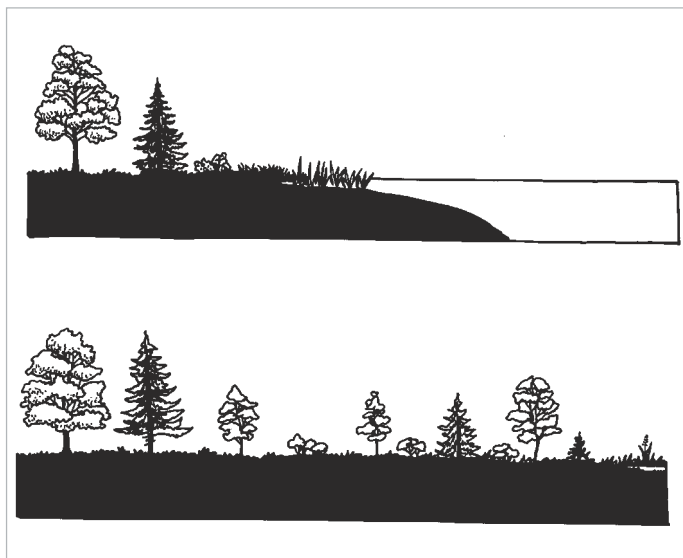
Masih ingatkah kamu tentang dinosaurus? Masih adakah hewan tersebut saat ini? Di Indonesia, badak bercula satu, anoa, cendrawasih sudah termasuk langka. Mengapa bisa langka? Apabila sebidang sawah dibiarkan, tidak diolah apa yang terjadi dengan sawah tersebut? Kemudian apa pula akibat dari sebuah hutan yang mengalami kebakaran?

Hal-hal di atas hanya sebagian kecil penyebab terjadinya perubahan ekosistem. Proses perubahan dalam komunitas yang berlangsung menuju ke satu arah secara teratur disebut **suksesi**. Suksesi terjadi akibat perubahan

lingkungan fisik dalam komunitas. Proses suksesi berakhir dengan sebuah komunitas atau ekosistem **klimaks**. Dikatakan klimaks karena ekosistem tersebut sudah stabil atau tidak akan berubah lagi.

Contoh klasik untuk menggambarkan peristiwa suksesi adalah kejadian di Gunung Krakatau, Banten. Pada tahun 1883 Gunung Krakatau meletus, semua kehidupan di gunung tersebut musnah. Seratus tahun kemudian ternyata di Gunung Krakatau tersebut sudah terbentuk hutan kembali. Bagaimana proses pembentukan kembali komunitas di Gunung Krakatau tersebut?

Mula-mula yang berkoloni adalah sejenis lumut kerak (**lichen**) dan beberapa jenis lumut tertentu. Asam-asam yang diekskresi oleh Lichen itu menghancurkan substrat batuan dan menyediakan sedikit tanah. Partikel tanah tambahan terbentuk karena penghancuran oleh iklim dan terbawa angin. Penghancuran dan pembusukan terhadap **lichen** dapat menambahkan sedikit humus sehingga lumut lain menetap. Setiap musim terdapat pertumbuhan baru, yang lama membusuk (menyediakan humus). Tidak lama kemudian tersedia cukup tanah untuk paku-pakuan dan kemudian tumbuh rerumputan, kemudian semak (perdu). Keadaan ini menyediakan kondisi pertumbuhan yang amat baik untuk biji-biji tumbuhan tinggi (pohon). Peristiwa suksesi dapat dilihat pada Gambar 9.15.



Gambar 9.15

Suksesi tumbuhan dalam suatu rawa yang dimulai dengan batang tumbuhan rawa, yang tumbuh keluar dari dalam air, maka terbentuk selapis vegetasi yang makin lama makin tebal sesuai dengan tahun-tahun yang berlalu dan area perairan terbuka makin menciut

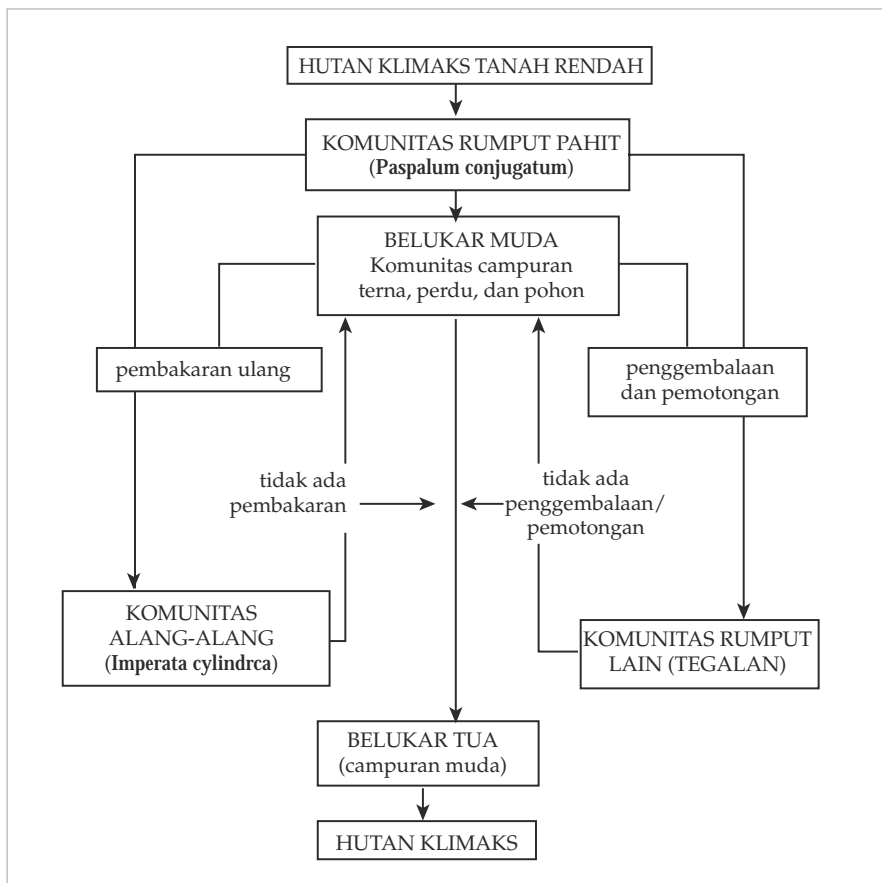
Sumber: Modul, UT, *Ekologi Lanjutan*

Biji, spora, dan benih dalam bentuk lain datang dari luar dan sampai ke substrat baru dibawa oleh angin, air, atau hewan. Tumbuhan atau organisme lain yang mampu menghuni untuk pertama kali disebut tumbuhan **pelopor** (vegetasi perintis). Disebut vegetasi perintis karena organisme tersebut

mampu membuka lahan untuk hidupnya organisme lain. Suksesi yang terjadi pada suatu lahan yang rusak total (tidak ada organisme yang hidup) disebut **suksesi primer**.

Jenis suksesi yang kedua adalah **suksesi sekunder**. Suksesi sekunder terjadi jika suatu komunitas atau ekosistem alami terganggu, baik secara alami maupun buatan, dan gangguan tersebut tidak merusak total ekosistem tersebut. Banjir, kebakaran, angin kencang, gelombang laut, dan penebangan hutan merupakan contoh-contoh gangguan tersebut.

Proses dan faktor yang berperan dalam suksesi sekunder sama dengan yang berlaku pada suksesi primer. Contoh suksesi sekunder adalah tegalan-tegalan, padang alang-alang, belukar-belukar bekas ladang, dan kebun karet yang ditinggalkan. Komunitas ini masih mengalami perubahan yang menuju ke arah komunitas klimaks, kecuali jika dalam proses ini terjadi lagi gangguan maka suksesi akan mundur lagi dan mulai lagi dari titik nol. Secara garis besar peristiwa suksesi sekunder digambarkan seperti pada Gambar 9.16.



Sumber: Modul, UT, *Ekologi Lanjutan*

Gambar 9.16

Bagan garis besar suksesi sekunder di tanah beriklim basah.

Tugas

Amati sebuah areal atau lahan di sekitar tempat tinggalmu yang menurutmu telah mengalami suksesi. Menurutmu mengapa daerah tersebut mengalami suksesi? Apakah suksesi tersebut merugikan ataukah menguntungkan. Tulis hasil pengamatanmu dalam bentuk sebuah laporan!

b. Faktor-Faktor Luar

Selain disebabkan oleh peristiwa suksesi alam, perubahan-perubahan lingkungan disebabkan pula oleh ulah manusia. Bahkan ulah manusia sangat besar peranannya dalam mengubah keseimbangan lingkungan.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memberi kemudahan kepada manusia untuk memperlakukan lingkungan sesuai dengan kehendaknya. Penebangan hutan menjadi semena-mena. Pembukaan lahan untuk kepentingan-kepentingan tertentu, seperti *real estate*, villa, atau bahkan pabrik-pabrik industri dilakukan tanpa perhitungan yang matang, serta penggunaan dinamit atau *trawl* (pukat harimau) dalam menangkap ikan.

Berikut adalah beberapa kenyataan perubahan lingkungan yang terjadi akibat ulah manusia:

1) Menciutnya Areal Hutan

Banyak hal yang dapat menyebabkan menciutnya areal hutan, antara lain:

a) Penebangan liar

Menurut penelitian tahun 1986/1987, penebangan kayu untuk tujuan komersial mencapai 80 ribu hektar/tahun.

b) Kebakaran hutan

Walaupun kebakaran hutan dapat terjadi secara alami, ulah manusia kadang-kadang dapat memicu peristiwa ini. Kebakaran hutan akan menurunkan kualitas tanah tersebut sehingga sulit untuk ditanami lagi. Dalam periode 1979-1984 kebakaran hutan mencapai 70 ribu hektar/tahun.

c) Pembukaan hutan untuk tujuan proyek-proyek pembangunan pada periode yang sama mencapai 250 hektar/tahun

d) Akibat konversi lahan untuk perkebunan termasuk peladangan berpindah (di Sumatra, Kalimantan, dan Irian Jaya) mencapai 500 hektar/tahun.

2) Meningkatnya pencemaran

Menurut Supardi (1994) yang dimaksud pencemaran lingkungan adalah terjadinya pencemaran yang dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan terganggunya kesehatan serta ketenangan makhluk hidup, sedangkan menurut

Sasatra Wijaya (1991) pencemaran lingkungan terjadi apabila ada penyimpangan dari lingkungan yang disebabkan oleh pencemaran dan berakibat jelek terhadap lingkungan.

3) Macam-macam pencemaran

Berdasarkan macamnya, pencemaran lingkungan dapat dibedakan menjadi, pencemaran tanah, pencemaran air, dan pencemaran udara.

a) Pencemaran Tanah

Tanah merupakan sumber daya alam (SDA) yang mendukung pertumbuhan tanaman. Ketersediaan zat organik, anorganik, serta mikroorganisme akan menentukan kesuburan tanah.

Tanah dapat tercemar dan kehilangan kesuburannya oleh bahan-bahan pencemar (polutan), seperti insektisida, fungisida, herbisida, penggunaan pupuk yang berlebihan, dan limbah industri. Pencemaran tanah juga dapat disebabkan oleh limbah yang tidak dapat menjadi tanah secara singkat, seperti plastik, kaca, dan styrofoam.

b) Pencemaran air

Pencemaran air, menurut Fardiaz (1992) adalah **penyimpangan sifat-sifat dari keadaan normal**. Dalam keadaan normal sebenarnya air telah mengandung bahan-bahan terlarut, seperti O_2 , CO_2 , N_2 , debu dan partikel-partikel lain.

Untuk menentukan apakah air itu tercemar, dapat diketahui dengan suatu pengujian. Parameter-parameter pengujian dapat berupa parameter fisik, misalnya suhu, perubahan warna, bau, kekeruhan, dan parameter kimia serta biologi (misalnya kandungan oksigen terlarut BOD/COD = Biochemical Oxygen Demand dan Chemical Oxygen Demand, pH, kandungan minyak, kandungan logam berat, dan jumlah organisme patogen).

KEGIATAN 9.1

Mengamati Pengaruh Detergen Terhadap Kehidupan Hewan Air

- Alat/bahan:
1. gelas/erlenmeyer 200 ml 5 buah
 2. air PAM, air kolam, air comberan, larutan air detergen 5%
 3. neraca
 4. gelas ukur
 5. kecebong/ikan kecil

Cara kerja:

1. Siapkan 4 gelas/erlenmeyer 200 ml.
2. Isi gelas 1 dengan 200 ml air.

- gelas 2 dengan 200 ml air kolam.
 gelas 3 dengan 200 ml air comberan.
 gelas 4 dengan 200 ml larutan detergen 5%.
- Masukkan ke dalam tiap perangkat 2 atau 3 ekor kecebong/ikan kecil.
 - Amati tingkah laku ikan tersebut selama 3 x 5 menit.
 - Catat pengamatanmu dalam tabel.

No.	Medium	Keadaan ikan selama 5 menit		
		1	2	3
1.	Air PAM			
2.	Air kolam			
3.	Air comberan			
4.	Air Detergen			

Pertanyaan

- Adakah perubahan tingkah laku yang terjadi pada hewan percobaan?
- Bagaimana perubahan tingkah laku tersebut? Mengapa?
- Bisakah kamu membuat kesimpulan dari percobaan ini?

Air dikatakan tercemar apabila bahan-bahan tersebut dalam jumlah yang melebihi ambang batas yang ditetapkan. Pada umumnya pencemaran air terjadi sebagai akibat dari tingkah laku manusia yang membuang limbahnya di parit, kolam, danau, atau sungai. Bahan-bahan pencemar tersebut dapat berupa detergen, zat kimia, pestisida, sampah organik, pupuk buatan, logam berat, dan mikroorganisme patogenik.

Salah satu logam berat yang pernah mencemari perairan adalah merkuri (air raksa). Merkuri ini pernah mencemari sebuah teluk di Jepang, yaitu teluk Minamata. Merkuri tersebut berasal dari buangan sebuah pabrik plastik. Peristiwa yang dikenal sebagai "Tragedi Minamata" ini telah mengakibatkan matinya berbagai jenis burung di sekitar teluk tersebut, telur-telur pecah, bahkan peristiwa tersebut menyebabkan bayi-bayi dilahirkan cacat.

Menggali Tambang, Menimbang Lingkungan

Indonesia adalah sumber tambang. Penambangan emas di Papua oleh PT Freeport Indonesia, merupakan tambang emas terbesar kelima di dunia, kendati manfaatnya untuk kesejahteraan rakyat tidak ada. Mengapa Indonesia kaya bahan tambang? Itu karena Indonesia dilalui metallogenese busur vulkanik dan jaringan mineral yang terjadi selama proses konvergensi dan subduksi lempeng tektonik. Proses alam ini membuat cadangan tembaga, emas cukup besar. Kepulauan Indonesia adalah hasil rangkaian formasi, pembenturan dan erosi yang kompleks dari sejumlah busur vulkanik selama jutaan tahun.

Kini pertambangan di Indonesia dikuasai beberapa gelintir perusahaan pertambangan besar dunia. Misalnya, pemegang saham terbesar dalam sektor pertambangan logam di Indonesia adalah Freeport-McMoran, Rio Tinto, INCO, Barrick, dan Newmont. Memang, ada sejumlah perusahaan Australia yang mempunyai investasi yang cukup berarti, misalnya Aberfoyle, Aurora Gold, BHP, Laverton Gold, Lone Star Exploration, Meekatharra Minerals, North Ltd, Newcrest, Normandy, dan Pelsart Resources. Namun, mereka ini tak seberkuasa lima perusahaan tambang tadi.

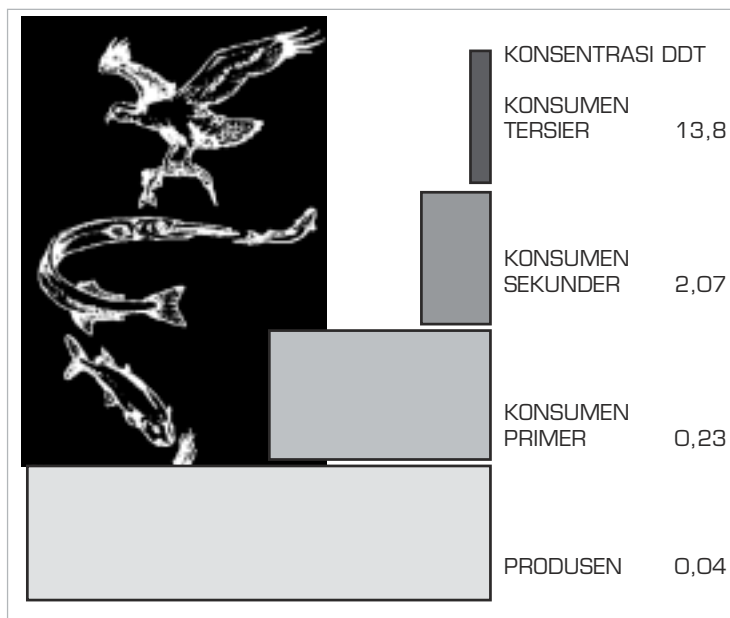
Perusahaan tambang menghasilkan uang yang besar, tetapi penambangan selalu mengabaikan hak-hak rakyat. PT Freeport Indonesia, misalnya mampu menghasilkan sekitar 2,3 juta ons emas yang digali pada tahun 2000. Tambang tersebut juga menghasilkan 220.000 ton limbah setiap harinya. Limbah-limbah ini kemudian dialirkan ke Sungai Ajikwa dan bergerak menuju Lautan Arafuru. Aktivitas pertambangan itu di sini telah membasmi hutan hujan, menghambat arus air dan menghancurkan kehidupan masyarakat adat.

Sumber: *Internet*

Merkuri adalah zat kimia yang sulit terurai sehingga dapat terakumulasi (tertimbun) dalam jaringan makhluk hidup. Contoh lain adalah pencemaran air oleh insektisida, misalnya DDT. DDT (**D**ichloro **D**iphenil **T**richlore**T**an) adalah sebuah insektisida yang sangat ampuh. Penggunaannya sangat meluas sekitar tahun 1960-an. Meskipun keberhasilan awal DDT tidak dapat disangkal, ternyata zat itu mempunyai keburukan-keburukan. Banyak jenis serangga akhirnya resisten (kebal) terhadap DDT ini. Hidrokarbon berklor lain yang fungsinya sama dengan DDT adalah aldrin, dieldrin, dan endrin.

DDT juga mempunyai sifat sukar larut dalam air dan sukar diurai oleh mikroorganism (non-biodegradable), tetapi mudah larut dalam lemak. Jadi, tidak mengherankan jika zat tersebut dapat tertimbun dalam jaringan makhluk hidup.

Terjadinya penimbunan ini adalah melalui rantai makanan. Mula-mula DDT dari lahan pertanian terbawa oleh air hujan dan masuk ke perairan (misalnya danau). Selanjutnya produsen dalam perairan tersebut (plankton) akan mengandungi konsentrasi DDT sedikit lebih tinggi daripada konsentrasi DDT dalam air. Selanjutnya organisma pemakan plankton (herbivor) mengandungi DDT 10 kali lebih tinggi daripada plankton. Konsentrasi ini terus meningkat melalui rantai makanan dari tingkat trofik yang satu ke tingkat trofik berikutnya. Burung pemakan kerang dapat menimbun 40 x lipat kadar DDT kerang. Kadar DDT paling tinggi terdapat pada karnivora terakhir dari suatu rantai makanan. Perhatikan Gambar 9.18.



Gambar 9.17
Akumulasi DDT pada rantai makanan

Sumber: *Biology*, Kimball

Penimbunan ini menyebabkan tingginya angka mortalitas pada burung, penipisan cangkang telur, dan menurunnya tingkat kesuburan. Penimbunan senyawa dalam jaringan melalui serangkaian proses makan dan dimakan ini dinamakan **magnifikasi biologi** (Biological magnification).

Mengingat dampak negatif DDT, pada tanggal 31 Desember 1972 pemerintah AS melarang penggunaan DDT sebagai gantinya dicari insektisida lain yang lebih aman. Saat ini insektisida yang relatif kecil dampaknya adalah jenis organofosfat. Organofosfat mudah terurai dalam lingkungan, organofosfat yang paling aman adalah karbamat, misalnya karbaril (sevin).

Bahan pencemar perairan lainnya adalah pupuk dan detergen. Dalam konsentrasi kecil detergen justru bertindak sebagai pupuk bagi tumbuhan air, karena detergen tersebut seperti halnya pupuk buatan, mengandung fosfat. Hasilnya adalah terjadinya peledakan populasi alga di perairan tersebut (dikenal dengan istilah “**blooming**”). Banyaknya hamparan alga menyebabkan kadar oksigen tertekan pada malam hari, diikuti matinya ikan-ikan, dan akhirnya terjadi pembusukan.

INFO BIOLOGI

Nitrat adalah Bom Waktu



Sumber: *Biology for you*

Nitrat yang berasal dari pupuk dapat terbawa air menuju perairan kemudian menembus tanah dan sampai ke batuan dasar. Beberapa ilmuwan percaya bahwa ini hanya sementara waktu sebelum akhirnya nitrat tersebut masuk ke dalam air minum kita. Kandungan nitrat yang tinggi dalam air minum diketahui dapat menyebabkan “**syndrom bayi biru**”. Hal ini karena nitrat menghentikan kemampuan hemoglobin untuk mengangkut oksigen yang cukup. Hasilnya adalah kegagalan sistem pernapasan.

Kadar oksigen terlarut (BOD & COD) sangat rendah menyebabkan pembusukan yang tidak sempurna sehingga menyebabkan bau yang tidak sedap, diikuti dengan perubahan warna air dan akhirnya danau dapat mengalami pendangkalan. Kita menggunakan istilah **eutrofikasi** untuk menerangkan penambahan kesuburan dengan melimpahnya nutrisi dalam suatu perairan.

c) Pencemaran udara

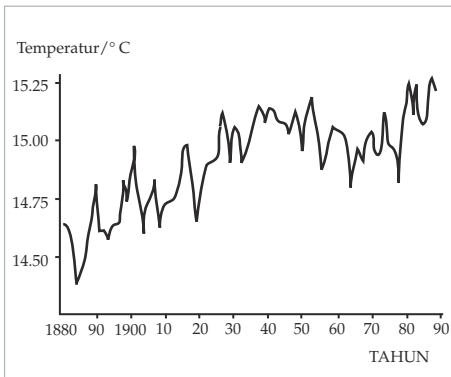
Adanya zat pencemar ke udara menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normal dan berpengaruh jelek terhadap semua makhluk hidup.

Pada dasarnya ada 2 macam pencemaran udara, yaitu sebagai berikut.

- (1) Berasal dari alam, antara lain debu yang terdapat di udara akibat tiupan angin yang kadang-kadang mengandung bakteri, virus, dan jamur penyebab penyakit.

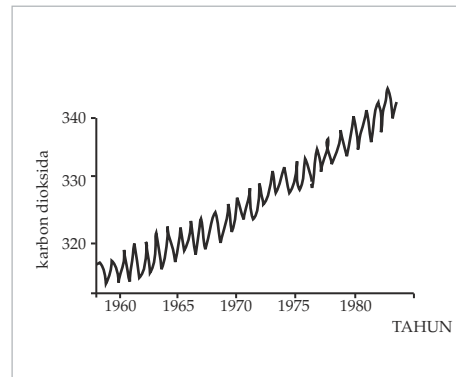
- (2) Akibat kegiatan manusia
- Hasil pembakaran bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara), misalnya gas CO , CO_2 , NO_2 .
 - Bahan-bahan buangan dari kegiatan berbagai pabrik industri; partikel Pb , asbes, Al , Zn , Cu , dan lain-lain.
 - Zat radioaktif yang berasal dari kebocoran reaktor atom.

Satu keadaan yang sudah tidak asing lagi bagi kita adalah munculnya isu pemanasan global. Lihatlah grafik kenaikan suhu di berbagai tempat di permukaan bumi berikut ini.



Sumber: *Biology, Kimball*

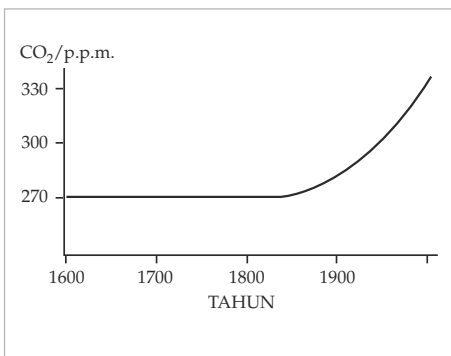
Gambar 9.18 Rata-rata suhu tahunan dari tahun 1880 s.d. 1990



Sumber: *Biology, Kimball*

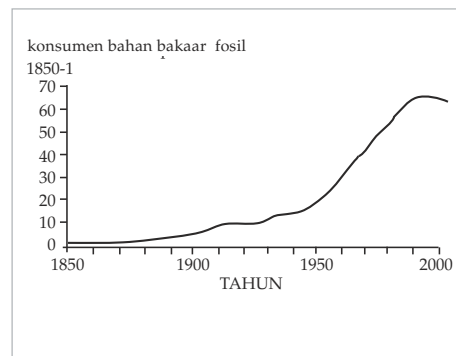
Gambar 9.19 Kandungan CO_2 di udara kota Hawaii (dalam ppm).

Apakah yang menyebabkan naiknya suhu bumi tersebut? Salah satu penyebab adalah peningkatan produksi CO_2 oleh aktivitas di bumi. Lihat grafik berikut ini!



Sumber: *Biology, Kimball*

Gambar 9.20 Pertambahan CO_2 tampak berbentuk eksponensial



Sumber: *Biology, Kimball*

Gambar 9.21 Tampak bahwa konsumsi bahan bakar fosil meningkat setiap tahunnya

Pada sebagian besar negara-negara di dunia ini, pembakaran bahan bakar fosil baik dari kendaraan bermotor maupun dari pabrik-pabrik industri merupakan sumber CO₂ terbesar. Gas CO₂ yang menyelimuti bumi mampu menghalangi radiasi panas dari bumi yang mestinya dipantulkan kembali ke atmosfer. Akibatnya suhu di bumi menjadi naik. Hal ini dikenal dengan istilah **efek rumah kaca** (green house effect). Bayangkan jika kita berada di ruangan tertutup yang terbuat dari kaca, panas bukan? Apakah akibat dari suhu bumi yang cenderung semakin meningkat ini? Bagaimana efek terhadap bongkahan-bongkahan es di kutub? Apakah pemikiran untuk mencari jalan keluar menghadapi masalah ini?

Gas lain yang tidak kalah bahayanya adalah SO₂. SO₂ yang dibebaskan ke atmosfer tersebut terutama berasal dari pembakaran batu bara dan pencairan bijih yang mengandung sulfur, seperti bijih tembaga. Di daerah industri Eropa dan Amerika Utara dan di daerah yang terletak di arah angin jatuhnya SO₂ ini menghasilkan **hujan asam** dan salju dengan pH menurun.

Pernah dilaporkan pH hujan secara teratur sekitar 4 dan yang paling rendah 2,1. Kita tidak tahu apakah hujan asam merupakan bahaya kesehatan, tetapi yang jelas hujan asam menurunkan pH air di banyak danau di Amerika Utara sebelah timur. Mungkinkah ada pengaruh bagi produktivitas danau tersebut? Mungkinkah hujan asam juga mempercepat pelapukan gedung dan patung yang dibuat dari batu kapur dan marmer. Lihatlah gambar patung di bawah ini.



Gambar 9.22 Patung batu yang rusak akibat hujan asam

Sumber: *Biologi*, Barret

Sementara itu dampak polusi udara juga menyebabkan gangguan terhadap kesehatan manusia. Di bawah ini adalah tabel macam-macam polutan udara dan penyakit yang ditimbulkan serta upaya pencegahannya.

Tabel 9.1 Macam-macam zat pencemaran udara, penyakit yang diakibatkan bagi manusia, serta pencegahan yang dilakukan

No.	Jenis Zat Pencemar	Penyakit yang Ditimbulkan	Pencegahan
1.	Silika Bebas (SiO_2) Sumber: perusahaan granit keramik, tambang timah putih, besi batu-bara, pabrik baja, dan sebagainya	Silicosis: yaitu suatu penyakit gangguan pada paru-paru Gejala a. batuk-batuk kering; b. sesak napas; c. pada stadium lanjut terjadi kelainan pada jantung (membesar).	a. Tidak ada obat penawar. b. Mengganti SiO_2 dengan zirconium pada pabrik-pabrik penuangan besi baja. c. Menghindarkan tersebarnya debu ke udara, yaitu dengan pengeboran basah. d. Dengan memakai tutup hidung bagi pekerja pabrik. e. Pemeriksaan secara berkala.
2.	Arang batu (batu bara) Sumber: terdapat di sekitar tambang arang batu	anthracosis: penimbunan arang batu dalam paru-paru Gejala: a. batuk dahak kehitaman; b. sesak napas; c. dada menjadi bundar dan ujung jari membesar; d. pada keadaan lanjut menimbulkan kelainan pada jantung.	a. Tidak ada pengobatan. b. Pemotongan arang dilakukan secara basah. c. Membuat ventilasi untuk mengurangi kadar debu udara. d. Pemakaian masker debu. e. Pemeriksaan kesehatan secara berkala.
3.	Asbes Sumber: di sekitar pabrik pengolahan asbes	Asbestosis: penimbunan asbes dalam paru-paru Gejala: a. batuk dengan riak yang banyak; b. sesak napas; c. pelebaran ujung jari; d. ludah mengandung bahan asbes secara kelompok.	a. Tidak ada pengobatan. b. Pengeboran asbes dilakukan secara basah. c. Pemakaian masker debu. d. Pemeriksaan kesehatan secara berkala.
4.	Kapas Sumber: di sekitar pabrik pengolahan kapas	byssinosis: pengendapan kapas dalam paru-paru Gejala: a. sesak napas; b. dapat mengalami cacat paru-paru.	a. Kapas diperciki minyak setelah dibuka dari balnnya. b. Menggunakan ventilasi isap. c. Pemeriksaan kesehatan secara berkala.
5.	Bahan gas a. asam cyanida (asam biru) 1) Dipakai untuk fumigasi tikus. 2) Sintesis bahan kimia. 3) Pengerasan dan pemrosesan emas murni.	Gejala: a. menghambat dan melumpuhkan sistem pernapasan; b. menghambat kerja enzim yang dapat mengikat CO_2 di dalam sel dapat merusak susunan sel saraf.	a. Korban mengisap amylnitrit atau natrium nitrat. b. Mencegah agar lingkungan tidak mengandung gas ini di atas ambang batas.

	<p>b. asam sulfida dan garam sulfida</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Dilepaskan ke udara pada proses dekomposisi persenyawaan yang mengandung sulfur. 2) Pada pengolahan minyak bumi, penyamakan kulit, dan sebagainya. 	<p>Gejala:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. pusing, mual, batuk, semboyong-an, dan muntah, dan napas lemah; b. pada kasus lanjut menyebabkan tidak sadarkan diri dan dapat menyebabkan kematian. <p>Pada kadar yang melampaui ambang batas dapat menyebabkan sesak napas, pingsan, dan menimbulkan kematian</p>	<ol style="list-style-type: none"> a. Mencegah udara mengandung gas ini di atas ambang batas. b. Menggunakan masker udara. c. Jangan menggunakan hidung untuk mengevaluasi gas ini karena akan kehilangan kemampuan rasa indra pembau. <ol style="list-style-type: none"> a. Obat tidak ada. b. Digunakan ventilasi keluar untuk hawa pembakaran pada alat-alat pemanas, tungku, dapur, dan sebagainya.
	<p>c. karbon monoksida (CO)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Hasil pembakaran yang tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung karbon. 2) Pembakaran gas alam atau minyak bumi. 	<p>Gejala keracunan terdapat warna merah pada selaput lendir, pingsan, dan menimbulkan kematian.</p>	<ol style="list-style-type: none"> a. Obat tidak ada. b. Digunakan ventilasi keluar untuk hawa pembakaran pada alat-alat pemanas, tungku, dapur, dan sebagainya.
	<p>d. Gas CO₂ efek samping dari penggunaan AC, alat pendingin di pabrik, dan sebagainya.</p>	<p>Gejala keracunan</p> <ol style="list-style-type: none"> a. sesak napas, kepala pusing; b. pada kadar yang lebih tinggi akan menyebabkan gangguan pada penglihatan dan pendengaran, pingsan. 	
	<p>e. Oksida nitrogen (NO, NO₂, PAN) akibat dari gas buangan kendaraan bermotor dan industri</p>	<p>Campuran gas NO, NO₂, PAN (peroksi asetil nitrat) membentuk asap kabut yang menimbulkan rasa perih pada mata dan saluran pernapasan.</p>	<p>Untuk mencegah peningkatan kadar NO dan NO₂ maka mesin mobil dianjurkan untuk memakai katalis konverter, yaitu katalis yang dapat mengubah oksida nitrogen menjadi gas nitrogen.</p>
	<p>f. Oksida belerang (SO₂) hasil pembakaran batu bara dan minyak di pabrik</p>	<ol style="list-style-type: none"> a. Menimbulkan gangguan pernapasan jika terisap. b. Menimbulkan hujan asam. 	<p>Menggunakan bahan bakar yang sedikit mengandung belerang. Untuk kegiatan di pabrik, gunakan katalisator.</p>
<p>6.</p>	<p>Pencemaran udara oleh bau-bauan Sumber: proses pembusukan sampah</p>	<p>Mengganggu kesehatan dan kenyamanan dapat dijadikan indikator adanya racun di udara.</p>	<ol style="list-style-type: none"> a. Penambahan zat tertentu untuk menetralkan bau. b. Pencucian sumber bau dengan air. c. Penimbunan sumber bau.

2. Upaya Manusia dalam Pemeliharaan Ekosistem

Air, udara dan tanah adalah sumber daya alam (SDA) “milik bersama”. Penyalahgunaan SDA milik bersama tersebut, disebabkan oleh **diabaikannya**, biaya-biaya lingkungan hidup yang timbul di dalam aktivitas pembangunan, misalnya pabrik semen tidak memikirkan pencemaran udara karena fungsinya hanya memproduksi semen. Nelayan hanya memikirkan bagaimana mendapatkan ikan sebanyak-banyaknya, pengusaha hutan hanya memikirkan kayu sebanyak-banyaknya. Contoh lain sebuah pabrik tekstil meminimalkan ongkos dengan cara membuang limbahnya langsung ke sungai. Sungai tercemar dan masyarakat yang menanggung ongkos pembersihannya. Bertolak dari asas lingkungan hidup adalah milik bersama, berarti pemeliharannya juga harus dilaksanakan bersama.

Beberapa upaya yang perlu dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki kerusakan lingkungan adalah sebagai berikut.

- a. Tidak menebang hutan sembarangan. Penebangan hutan harus sesuai dengan peraturan HPH yang berlaku. Syarat penebangan hutan antara lain harus menggunakan sistem “tebang pilih”, dan harus menanam kembali setelah menebang.
- b. Mengalakkan penghijauan/reboisasi.
- c. Mencegah kebakaran hutan. Kebakaran hutan mungkin dapat dicegah, antara lain dengan membuat menara-menara pengawas agar petugas dapat mengawasi kejadian-kejadian dengan segera, menghindari pembuatan api di hutan.
- d. Membuat suaka margasatwa, cagar alam, taman nasional, taman burung, hutan lindung, dan sebagainya.
- e. Penataan tata ruang wilayah perlu direncanakan. Setiap daerah dibangun sesuai dengan zona peruntukannya, seperti zona industri, pemukiman, perkebunan, dan pertanian.
- f. Proyek pembangunan yang berdampak negatif harus dikendalikan melalui penerapan AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan).
- g. Pengendalian kerusakan lingkungan melalui pengelolaan daerah aliran sungai (DAS), rehabilitasi bekas pembangunan dan bekas galian tambang dan pengelolaan wilayah pesisir dan lautan
- h. Penanggulangan pencemaran tanah, air, dan udara, misalnya:
 - 1) tidak menggunakan pestisida, fungisida, dan herbisida tanpa aturan;
 - 2) mencari pestisida pengganti (pengendalian hama secara biologi);
 - 3) tidak membuang limbah sembarangan;
 - 4) pengembangan baku mutu air dan udara;
 - 5) menggunakan pupuk buatan sesuai aturan;

- 6) mengelola sampah/limbah dengan prinsip 3R:
 - a) Reduce, yaitu mengurangi penggunaan jenis barang yang banyak sampah.
 - b) Reuse, yaitu menggunakan kembali barang atau kemasan barang yang sudah dipakai.
 - c) Recycle, yaitu mendaur ulang sampah yang dihasilkan.
- i. Pengembangan peraturan perundang-undangan mengenai lingkungan hidup.
- j. Penerapan hukum yang tegas bagi pelanggar peraturan

INFO BIOLOGI

Plastik Biodegradable



Sumber: *Biology for You*

Berbagai macam plastik digunakan untuk mengemas makanan atau berbagai produk kebutuhan manusia. Plastik tersebut merupakan sumber polutan yang utama. Ilmuwan Inggris telah mengembangkan jenis plastik yang disebut "Biopol". Plastik jenis baru ini dapat diuraikan oleh mikroba di dalam tanah. ICI (Zeneca) adalah perusahaan kimia Inggris yang terbesar. Ilmuwan memasukkan bakteri dalam fermenter yang

mengandung gula dan Nutrien lain, kemudian mikroba itu dapat membuat senyawa kimia yang berubah menjadi "Biopol". Ketika Biopol diurai oleh pengurai biopol ini menghasilkan karbon dioksida.

F. Pengelolaan Limbah

Kata **limbah** adalah kata yang sudah tidak asing lagi bagi kita. Seiring dengan kemajuan kebudayaan manusia (termasuk IPTEK), maka limbah yang dihasilkan juga bertambah banyak. Setiap hari, tiap orang menghasilkan limbah, tiap rumah menghasilkan limbah, tiap sekolah menghasilkan limbah, tiap pasar menghasilkan limbah, apalagi pabrik atau industri, tidak ada pabrik yang tidak menghasilkan limbah.

Limbah adalah benda yang tidak diperlukan lagi oleh masyarakat, atau benda yang dibuang karena dianggap tidak berharga atau tidak dibutuhkan. Bagaimana jika limbah dibiarkan menggunung? Sebagai ilustrasi marilah kita bermain dengan angka dan berandai-andai. Jika setiap orang di Jakarta yang berpenduduk 8,2 juta membuang limbah 2,88 liter/hari, akan dihasilkan limbah sebanyak 23.616 m³/hari. Jika limbah sebanyak itu dimasukkan ke dalam truk berkapasitas 10 m³, maka diperlukan 2.362 buah truk, yang jika dijejerkan di jalan membentuk rangkaian sepanjang 20 km. Seandainya selama 25 tahun kita tidak melakukan apa pun terhadap limbah ini, Jakarta yang luasnya 650 km² akan berselimutkan limbah tersebut setebal 33 cm. Selimut ini akan bertambah tebal jika tanah yang tertutup bangunan tidak ikut ditimbun. Kita jangan membiarkan hal itu terjadi, karena itu limbah dikelola walaupun pengelolannya belum optimal.

Berikut ini adalah contoh-contoh limbah yang dihasilkan oleh rumah tangga (disebut limbah domestik).

1. Limbah kaca, berasal dari berbagai sumber seperti botol, gelas, dan barang lain yang terbuat dari kaca.
2. Limbah plastik, berasal dari kantong plastik, kemasan makanan, alat-alat rumah tangga dan lain-lain.
3. Aluminium.
4. Buangan zat organik (makanan, sayuran, buah-buahan, kayu, bambu, dan sebagainya).
5. Kertas (koran, majalah).
6. Campuran yang terdiri atas plastik, kertas, dan logam yang sulit dipisahkan.
7. Limbah campuran bahan organik dan limbah zat kimia domestik yang sulit dipisahkan.

Di bawah ini adalah tabel banyaknya limbah domestik yang dihasilkan tiap tahun di berbagai negara di dunia (tidak termasuk limbah yang dibuang di sembarang tempat).

Tabel 9.2 Limbah Domestik

Negara	Bobot limbah domestik/ negara/tahun (dalam ton)	Bobot limbah domestik/ orang/tahun (dalam ton)
USA	20.000.000	875
Australia	10.000.000	680
Kanada	12.000.000	525
Selandia Baru	1.528.000	488

Denmark	2.046.000	399
Belanda	5.400.000	381
Jepang	40.225.000	344
Jerman Barat	20.780.000	337
Swiss	2.146.000	336
Belgia	3.082.000	313
Swedia	2.500.000	300
Finlandia	1.200.000	290
Prancis	15.500.000	288
Inggris	15.816.000	282
Italia	14.041.000	246
Spanyol	8.028.000	214

Sumber: Green Planet, John Seymour, Herbert Girarde

Di Indonesia sendiri berdasarkan hasil penelitian tahun 1980 dari Majalah *Time* edisi Januari 1989 menghasilkan limbah domestik sebanyak 139 kg/orang/tahun dan Singapura menghasilkan 585 kg/orang/tahun.

Untuk lebih mengenal macam-macam limbah, lakukanlah kegiatan di bawah ini!

KEGIATAN 9.2

Mendata Berbagai Macam Limbah

Alat dan Bahan:

1. Kantung plastik besar/ember.
2. Timbangan.

Cara kerja:

1. Kumpulkan semua jenis limbah yang dihasilkan oleh sekolahmu dan limbah yang dari rumah. Jika memungkinkan kumpulkan juga limbah dari tempat lain, misalnya pasar, jalan, dan terminal.
2. Taksirlah bobot limbah tersebut dengan cara menimbanginya.
3. Catatlah hasil penimbanganmu.
4. Gabungkan datamu dengan data yang diperoleh oleh anggota kelompokmu. Ubahlah data ke dalam bentuk persen (%)
5. Catatlah hasilnya dalam bentuk tabel seperti berikut.

No.	Jenis Limbah	Asal Limbah				Rata-Rata
		Sekolah	Rumah	Pasar	Jalan	
1.	Limbah basah					
2.	daun-daun					
3.	kertas					
4.	tekstil					
5.	karet					
6.	plastik					
7.	kayu					
8.	kaca					
9.	logam					
10.					

Pertanyaan:

1. Jenis sampah apakah yang mempunyai bobot terkecil? Apa pula yang bobotnya terbesar?
2. Dari jenis-jenis limbah yang kamu temukan, adakah limbah yang masih dapat dimanfaatkan? Jika ada sebutkan, dan apa manfaatnya?
3. Jenis limbah apakah yang tidak bisa dimanfaatkan secara langsung, tetapi bisa dimanfaatkan jika telah didaur ulang?
4. Menurut kamu, apakah memang perlu ada daur ulang? Mengapa, berilah alasan!

Dewasa ini pengelolaan limbah merupakan masalah dunia. Masalah pembuangan limbah telah menarik perhatian masyarakat selama 10 tahun terakhir ini, terutama karena adanya kekhawatiran terhadap limbah yang membahayakan. Lebih dari 1.000 juta ton limbah berbahaya dihasilkan tiap tahunnya (tidak termasuk limbah radioaktif/nuklir). Limbah tersebut harus memperoleh perlakuan khusus untuk mencegah bahaya yang mungkin timbul terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

Banyak tata cara pengelolaan limbah yang dikembangkan, tetapi belum ada sarana yang betul-betul memuaskan untuk membuang sebagian besar limbah secara aman untuk jangka waktu yang lama. Memang, ada banyak pilihan dalam pengelolaan limbah dan teknologi. Namun, sebagai negara berkembang dengan populasi tinggi, dana dan banyaknya limbah yang dihasilkan menjadi hal yang benar-benar perlu dipertimbangkan. Dengan kata lain, yang kita perlukan adalah suatu cara mengelola limbah dalam

jumlah yang besar dengan biaya yang tidak terlalu tinggi. Terlepas dari itu semua, peran serta masyarakat baik secara individu maupun kelompok untuk mengurangi produksi limbah dan mempermudah pengelolaan limbah sangatlah berarti.

Sebenarnya banyak hal kecil yang jika kita lakukan akan sangat mengurangi masalah limbah. Kaji uraian-uraian berikut ini, pikirkan dan putuskan hal-hal apa saja yang dapat kamu lakukan.

1. Tindakan positif untuk menggunakan kembali limbah
 - a. Gunakanlah kertas/kartu undangan/leaflet yang sudah tidak terpakai, misalnya untuk konsep atau catatan belanja.
 - b. Akan lebih baik menggunakan kardus yang Anda miliki sebagai tempat mainan misalnya, daripada membeli tempat khusus untuk itu.
 - c. Gunakan kembali botol/kaleng bekas minuman. Menggunakan kembali botol/kaleng bekas lebih murah daripada didaur ulang.
 - d. Gunakan kantung plastik yang kamu dapat dari toko/pasar sehingga tidak perlu memintanya saat berbelanja lagi.
2. Tindakan positif untuk mengurangi limbah domestik
 - a. Jangan mencampurkan limbah
Idealnya setiap rumah memiliki tempat limbah khusus untuk logam, kaca, dan limbah organik. Hal ini akan memudahkan dalam mendaur ulang limbah tersebut. Memisahkan limbah yang mudah terurai dengan yang tidak merupakan langkah awal yang baik.
 - b. Jangan membeli sesuatu yang dikemas berlebihan. Benda-benda demikian harus dihindari agar limbah rumah tidak banyak.
 - c. Belilah sesuatu yang volume/ukuran satuannya terbesar, sebagai contoh 10 botol minuman dengan volume 200 cc akan menghasilkan limbah yang lebih banyak dibanding dengan satu botol besar minuman yang sama dengan ukuran 2 liter.
 - d. Pilihlah wadah yang dapat dikembalikan. Botol yang dapat dikembalikan ke penjualnya sangat lebih baik kita pilih daripada yang tidak dapat dikembalikan. Jika hal ini kita lakukan, meskipun baru beberapa tahun, limbah yang dihasilkan rumah kita akan berkurang sangat banyak.
 - e. Pilihlah pembungkus yang mudah terurai. Pembungkus dari kertas atau kardus lebih baik kita pilih daripada yang terbuat dari plastik sebab lebih mudah didaur ulang. Untuk alasan yang sama botol dari gelas lebih baik daripada botol plastik, apalagi jika botol tersebut dapat dikembalikan ke penjualnya.

- f. Jika belanjaan kamu sedikit, pikirkan dahulu sebelum memutuskan meminta plastik di toko/pasar tempat kamu berbelanja. Membiasakan membawa tas belanjaan sendiri akan lebih baik seperti yang biasa dilakukan di Eropa.
 - g. Sedapat mungkin gunakanlah kertas/buku tulis secara penuh di kedua halaman.
 - h. Gunakanlah barang-barang hasil daur ulang.
 - i. Jangan membeli makanan segar yang dikemas dalam plastik. Di beberapa supermarket daging, buah-buahan, dan sayuran segar dikemas dengan wadah plastik. Hal ini sungguh tidak ada gunanya dan merupakan sumber polusi plastik.
 - j. Tolaklah kantung plastik dari “makanan jajanan” (**take away food**), karena kebanyakan kantung-kantung tersebut akan dibuang dalam sekejap. Kantung dari kertas akan lebih baik.
 - k. Pilihlah sandang dari bahan alami. Hindari sandang sintetis atau campuran, hindari pula menggunakan sepatu dari plastik, tetapi gunakanlah sepatu kulit.
 - l. Hindarkan barang-barang dari plastik yang sekali pakai. Jika penggunaan barang-barang tersebut tidak dapat dihindarkan, bekasnya jangan dibuang, tetapi gunakan kembali misalnya untuk tempat makan.
 - m. Jika tidak dapat dihindarkan, kamu perlu membeli barang-barang dari plastik, belilah barang hasil daur ulang atau yang berbahan baku termoplastik (plastik yang tidak tahan panas).
3. Tindakan positif untuk mendaur ulang
 - a. Buat dan gunakanlah kompos. Limbah dari dapur, kebun, dan kain dari serat alam/wol dapat dibuat kompos. Kertas dan kardus akan terurai, tetapi lebih lambat.
 - b. Berbagai limbah domestik dapat dibuat menjadi barang dekoratif/mainan cantik yang dapat menghasilkan uang jika dijual.
 - c. Jika Anda tidak dapat menggunakan kembali limbah yang terbuat dari kaca, plastik, aluminium, dan kertas, jangan dibuang bercampur dengan limbah lainnya (dari dapur/kebun). Kumpulkan dan berikanlah/jualah ke pemulung/pengumpul limbah. Limbah yang bersih/tidak terlalu kotor sangat disukai oleh pengumpul limbah. Kemungkinan kertas yang kotor akan ditolak karena saat dibuat barang baru memerlukan perlakuan khusus yang berarti bertambahnya biaya.

- d. Efisiensi penggunaan energi untuk pembuatan barang aluminium dan kertas dari bahan bekas/limbah sangat tinggi, yaitu 95% (aluminium) dan 97% (kertas). Sangat bijaksana jika Anda mengumpulkan limbah tersebut dan memberikan/menjualnya ke penampungan untuk didaur ulang.
 - e. Ketersediaan bahan baku yang berkesinambungan sangat penting bagi kelangsungan suatu produksi, tidak terkecuali yang bahan bakunya barang bekas/limbah. Peran serta kamu untuk mengumpulkan limbah yang dapat didaur ulang sangat berarti bagi kesinambungan proses daur ulang, para pemulung/pengumpul terutama bagi lingkungan. Mencampuradukkan limbah sungguh hanya akan menambah semakin tingginya tumpukan limbah di TPA
4. Tindakan Positif untuk Mengolah Limbah
- Pengolahan limbah dapat dilakukan dengan membuatnya menjadi gas bio sebagai sumber energi alternatif. Carilah informasi mengenai cara pembuatan gas bio, kemudian praktikkan pembuatannya di sekolahmu!

KEGIATAN 9.3

Membuat Kertas Daur Ulang

Proses membuat kertas sendiri adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan dan menyortir kertas bekas/sampah kertas.
2. Menghancurkan sampah kertas tersebut dengan alat atau dengan cara merobek-robek kertas tersebut hingga menjadi potongan yang kecil-kecil.
3. Semua bahan ditempatkan di suatu tempat atau ember dan direndam dengan air hangat kurang lebih 3 hari, setiap hari airnya diganti dengan air hangat.
4. Direbus 2-3 jam untuk membersihkan dari tinta dan bahan pengganggu lainnya.
5. Setelah direbus dan mendidih bahan ini dicuci.
6. Bahan dihancurkan dengan memakai lumpang alu atau blender sampai bahan betul-betul hancur merata.
7. Bahan direndam lagi sampai 2 hari.
8. Diberi pewarna alami (kalau suka warna) karena kalau tidak diberi warna, hasil kertas akan berwarna kelabu. Cara pemberian warna harus hati-hati; bahan penghasil warna tersebut harus dihancurkan/diparut terlebih dahulu dan diperas airnya sehingga tidak ada ampas yang keluar dari bahan pewarna tersebut.

9. Siapkan cetakan, buatlah bingkainya dari kayu dan **screen** dari kasa nyamuk atau jaring-jaring bentos.
10. Siapkan bak air atau westafel, masukkan air secukupnya dengan catatan bahwa kedua macam cetakan tersebut harus tenggelam dalam bak air atau westafel.
11. Masukkan adonan tersebut dalam bak air sambil diaduk sesuai dengan ketebalan yang diinginkan, kemudian cetakan dimasukkan ke dalam bak air atau westafel.
12. Angkat cetakan dari bak air dan siapkan kain yang cukup lebar, cetakan dipindah dalam kain tersebut diangin-anginkan selama 15 menit, kemudian dipress dengan alat press.
13. Press diangkat, keringkan, dan jangan terkena sinar matahari langsung, karena akan memengaruhi warna kertas.
14. Kertas siap digunakan untuk kartu-kartu ucapan atau kertas surat yang cukup unik.

Rangkuman

1. Pada suatu ekosistem terjadi hubungan saling memengaruhi antara komponen abiotik dan komponen biotik.
2. Komponen abiotik adalah komponen tak hidup, misalnya air, tanah, mineral, CO_2 , O_2 , suhu, pH, kelembapan, dan kadar garam.
3. Komponen biotik terdiri atas makhluk hidup, yaitu produsen, konsumen, pengurai, dan detritivor.
4. Produsen adalah tumbuhan dan beberapa bakteri serta alga yang dapat membuat makanannya sendiri.
5. Produsen menyediakan makanan bagi konsumen primer (herbivor).
6. Hubungan makan dan dimakan yang terjadi dalam ekosistem digambarkan dalam rantai makanan dan jaring-jaring makanan.
7. Peran tumbuhan atau hewan dalam komunitas disebut **niche**, sedangkan tempat hidup suatu komunitas disebut **habitat**.
8. Hubungan makan dan dimakan juga dapat ditunjukkan dengan piramida. Piramida makanan ini dibedakan menjadi 3, yaitu: piramida jumlah, piramida biomassa, dan piramida energi.
9. Konsumen adalah organisme pemakai, bersifat heterotrof.

10. Pengurai (dekomposer) terdiri atas mikroba pengurai sampah atau sisa-sisa organisme yang telah mati.
11. Detritivor adalah hewan kecil yang membantu penguraian dengan memakan detritus (sampah)
12. Di alam terjadi siklus materi yang disebut “daur biogeokimia’, yaitu daur yang melibatkan proses biologi, geologi, dan kimia.
13. Lingkungan dapat mengalami perubahan, baik total maupun sebagian. Perubahan ekosistem tersebut dapat terjadi baik secara alami maupun akibat ulah manusia.
14. Perubahan yang berlangsung dalam ekosistem ini disebut **suksesi**.
15. Suksesi dapat dibedakan menjadi **suksesi primer**, jika kerusakan ekosistem terjadi secara total dan terbentuk ekosistem baru yang berbeda; dan **suksesi sekunder**, jika terjadinya kerusakan hanya sebagian dari ekosistem.
16. Faktor-faktor penyebab terjadinya kerusakan atau perubahan lingkungan, antara lain:
 - a. penebangan hutan secara liar;
 - b. meningkatnya pencemaran;
 - c. terjadinya bencana alam, misalnya tsunami, gempa, gunung meletus, banjir, dan kebakaran hutan.
17. Pencemaran dapat terjadi pada tanah, air, dan udara.
18. Pencemaran tanah disebabkan oleh limbah atau sampah anorganik, misalnya plastik, kaca, kaleng, logam-logam berat, insektisida, herbisida, dan radioaktif.
19. Pencemaran air disebabkan oleh pupuk, insektisida, detergen, senyawa berbahaya dari industri (asam, basa, logam berat), sampah domestik (limbah rumah tangga), tumpukan minyak, dan radio aktif.
20. Polusi udara disebabkan karena bertambahnya gas-gas beracun dan partikel-partikel beracun seperti gas CO, CO₂, SO₂, NO₂, NH₃, Pb, Zu, Fe, Si, dan Ni. Sumbernya adalah asap pabrik, asap kendaraan bermotor, pembakaran kayu atau bahan bakar fosil dan lain sebagainya.
21. Manusia harus menanggulangi atau mencegah kerusakan lingkungan, misalnya dengan:
 - a. mencegah kerusakan hutan;
 - b. mencegah pencemaran;
 - c. mengelola limbah.

Kata Kunci

abiotik	eutrofikasi	magnifikasi biologi
atmosfer	fitoplankton	nitrobakter
autotrof	limbah	piramida
biogeokimia	habitat	populasi
biomassa	herbivor	produsen
biosfer	heterotrof	rantai makanan
biotik	hidrokarbon	suksesi
dekomposer	hujan asam	
efek rumah kaca	jaring-jaring makanan	
ekologi	karnivor	
ekosistem	komunitas	

Evaluasi Akhir Bab

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Makhluk hidup dan faktor-faktor abiotik pada suatu lingkungan merupakan satu kesatuan yang disebut . . .
 - A. populasi
 - B. ekosistem
 - C. komunitas
 - D. habitat
 - E. bioma
2. Kelompok tumbuhan padi yang hidup di sebidang sawah berdasarkan konsep ekologi merupakan suatu . . .
 - A. spesies
 - B. individu
 - C. ekosistem
 - D. komunitas
 - E. populasi
3. Status fungsional makhluk hidup dalam ekosistem disebut . . .
 - A. habitat
 - B. bioma
 - C. niche
 - D. tingkat trofik
 - E. komunitas
4. Dalam suatu ekosistem kolam terdapat:
 1. ikan karnivor
 2. bakteri pengurai
 3. fitoplankton
 4. ikan herbivor
 5. zat-zat organik

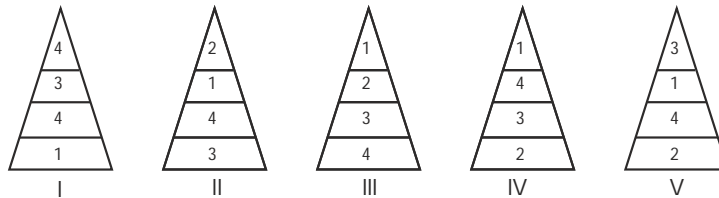
Dari komponen ekosistem tersebut dapat disusun suatu mata rantai makanan yang susunannya

- A. 2 - 5 - 3 - 4 - 1 D. 5 - 3 - 4 - 1 - 2
 B. 3 - 4 - 1 - 5 - 2 E. 5 - 3 - 4 - 2 - 1
 C. 3 - 4 - 5 - 1 - 2

5. Jika karbon dioksida dalam suatu ekosistem jumlahnya makin berkurang, organisme yang pertama-tama akan mengalami dampak negatif adalah

- a. pengurai D. karnivor
 B. produsen E. karnivora puncak
 C. konsumen

6.



Keterangan:

1. Karnivor I
 2. Tumbuhan
 3. Karnivor II
 4. Herbivor

Berdasarkan gambar piramida ekologi di atas, manakah piramida ekologi yang benar?

- A. I D. IV
 B. II E. V
 C. III

7. Peran bakteri denitrifikasi dalam siklus nitrogen adalah

- A. mengubah nitrat menjadi nitrogen
 B. mengubah amonia menjadi nitrit
 C. mengubah nitrit menjadi nitrat
 D. menghasilkan amino dari bahan organik
 E. membentuk asam amino

8. Ladang atau tegalan yang dibiarkan dalam waktu lama akan berubah menjadi semak belukar, peristiwa ini dinamakan
- A. polusi
B. degradasi
C. suksesi
D. abrasi
E. eutrofikasi
9. Berikut adalah beberapa indikator suatu perairan yang tercemar, **kecuali**
- A. berbau
B. berasa
C. berwarna
D. keruh
E. kurang oksigen
10. Tragedi “Minamata” di Jepang disebabkan oleh pencemaran suatu logam berat, yaitu
- A. Ag
B. Hg
C. Pb
D. Cu
E. Zn
11. Terjadinya penimbunan senyawa nitrat yang berlebihan berakibat pertumbuhan yang hebat (eutrofikasi). Jika hal ini terjadi di ekosistem danau, maka yang tumbuh subur adalah
- A. ikan
B. amfibi
C. eceng gondok
D. bakteri pembusuk
E. zooplankton
12. Kalau terjadi pencemaran insektisida pada ekosistem air tawar, dalam beberapa tahun kadar bahan itu yang paling tinggi akan didapatkan dalam
- A. air
B. tumbuhan air
C. tubuh serangga air
D. tubuh karnivor
E. tubuh herbivor
13. Polutan di bawah ini yang akan menimbulkan hujan asam adalah
- A. SO_2 , NO_2
B. SO_2 , CO_2
C. NO_2 , CO_2
D. CFC, NO
E. CO_2 , CO
14. Gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global adalah
- A. karbon monoksida
B. karbon dioksida
C. hidrogen
D. metana
E. ozon

15. Polutan yang menyebabkan penipisan lapisan ozon adalah
- | | |
|---------------------|--------------------|
| A. kloroflorokarbon | D. asap rokok |
| B. karbon monoksida | E. sulfur dioksida |
| C. karbon dioksida | |
16. Berikut ini yang merupakan efek pemanasan global adalah
- | | |
|---------------------------|--|
| A. kabut | D. mencairnya es di kutub |
| B. hujan asam | E. kabut, hujan asam, dan penipisan lapisan ozon |
| C. penipisan lapisan ozon | |
17. Salah satu cara penanggulangan pencemaran air yang merupakan dampak kemajuan IPTEK adalah
- membatasi penggunaan bahan-bahan kimia
 - mengolah limbah sebelum dibuang ke sungai
 - menutup industri-industri bahan kimia
 - memberi sanksi kepada pengusaha industri
 - membuang limbah sedikit demi sedikit
18. Tujuan penghijauan yang dilakukan di kota-kota besar adalah
- mempertinggi suhu udara
 - mempertinggi kadar CO₂ di udara
 - mempertinggi kadar kelembapan udara
 - mempertinggi kadar oksigen di udara
 - mempertinggi penghasilan penduduk
19. Sampah plastik tidak dapat diuraikan oleh mikroorganismenya. Untuk memperkecil kadar polusinya dapat dilakukan dengan cara
- menghindari produksi bahan jadi dari bahan baku plastik
 - sampah plastik di daur ulang
 - melarang masyarakat menggunakan plastik
 - mengumpulkan sampah plastik dan ditempatkan di lokasi yang aman
 - membakar sampah plastik
20. Adanya mikroorganismenya pada pembuatan kompos berfungsi untuk
- menyuplai ketersediaan oksigen
 - mengurangi aerasi pada sampah
 - meningkatkan keasaman sampah
 - membantu penguraian sampah
 - menurunkan keasaman sampah

B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Bagaimana “efek rumah kaca” bisa terjadi?
2. Apakah pengertian pemanasan global? Bagaimana dampaknya bagi kehidupan di bumi?
3. Jelaskan bahaya atau dampak negatif penggunaan DDT sebagai insektisida di lahan-lahan pertanian!
4. Bagaimana peristiwa “eutrofikasi” bisa terjadi di perairan?
5. Jelaskan upaya penanganan limbah dengan menggunakan prinsip 3R!

C. Kerjakan tugas berikut ini dengan benar.

1. Perhatikan tabel di bawah ini, kemudian jawablah pertanyaan-pertanyaannya.

No.	Jenis Sampah	Waktu untuk hancur
1.	Organik	mingguan atau bulanan
2.	Filter rokok	5 tahun
3.	Plastik	20 tahun
4.	Kaleng	100 tahun
5.	Botol/kaca	di atas 100 tahun
6.	Stereofoam	jutaan tahun
7.	Radioaktif tertentu	ratusan tahun

Pertanyaan:

- a. Di antara sampah di atas, mana yang berasal dari bahan yang tak berguna?
 - b. Jika kita dapat memilih, sampah dari bahan apa yang bahan dasarnya lebih baik kita gunakan? Jelaskan pendapatmu!
 - c. Stereofoam dipakai untuk mengemas makanan, alat elektronik, dan alat rumah tangga. Harganya murah, ringan, dan praktis. Akan tetapi, apabila dibakar asapnya menimbulkan hujan asam dan merusak ozon. Dengan sifat stereofoam yang sukar hancur dan membahayakan udara, bagaimana masa depan ekosistem dengan adanya pemakaian stereofoam secara besar-besaran?
 - d. Dari ketujuh sampah di atas, sampah mana yang dapat didaur ulang?
2. Rencanakan kunjungan ke:
 - a. lokasi tempat penimbunan sampah
 - b. lokasi suatu pabrik
 - c. lokasi lainnya yang memproduksi berbagai jenis sampah.Buat laporan hasil observasimu!

Evaluasi Akhir Tahun

A. Pilih jawaban yang paling tepat.

- Berikut ini yang **bukan** merupakan ciri makhluk hidup adalah
 - metabolisme
 - bergerak
 - bereproduksi
 - homeostatis
 - fragmentasi
- Pada tingkat organisasi kehidupan, sel menduduki tingkat setelah
 - Organ
 - Gen
 - Jaringan
 - Komunitas
 - Atom
- Hal-hal berikut yang tidak termasuk kegiatan pengamatan adalah
 - Mengukur
 - Menimbang
 - Memprediksi
 - Menghitung
 - Mencium
- Materi genetik yang terkandung dalam virus adalah
 - RNA dan DNA
 - RNA atau DNA
 - RNA saja
 - DNA saja
 - Bukan RNA atau DNA

5.

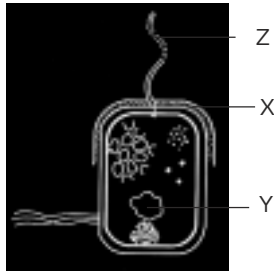


Pada gambar Bakteriofage di samping, bagian yang berlabel x adalah

- Asam nukleat
 - Kapsid
 - Selubung ekor
 - Leher
 - Serabut ekor
- Fase ketika virus memasukkan materi genetiknya ke dalam sel inang disebut
 - Adsorbsi
 - Injeksi
 - Replikasi
 - Maturisi
 - Lisis

7. Salah satu karakteristik Archaeobacteria adalah
- A. Dapat dikristalkan
 - B. Eukariotik
 - C. Fotototrof
 - D. Hidup di tempat ekstrim
 - E. Hanya hidup pada sel hidup

8.



Pada gambar bakteri di samping berturut

- A. Kapsul, DNA, flagel
 - B. DNA, kapsul, flagel
 - C. Membran sel, DNA, pili
 - D. Kapsul, Ribosom
 - E. DNA
9. Fungsi kapsul pada bakteri adalah
- A. Memberi bentuk pada sel
 - B. Alat gerak
 - C. Mengatur
 - D. Sintesa protein
 - E. Menentukan daya infeksi
10. Bagian yang berfungsi memfiksasi nitrogen pada alga biru adalah
- A. Heteroksita
 - B. Hormogonium
 - C. Spora
 - D. Filamen
 - E. Akinet

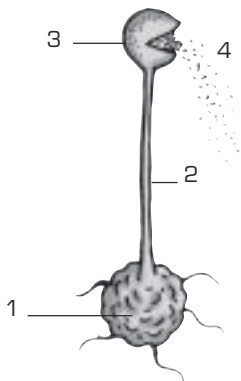
11. Di bawah ini adalah kelompok-kelompok pada kingdom Protista.

- | | |
|-----------------|---------------|
| 1. Sacrodina | 4. Pyrrophyta |
| 2. Euglenophyta | 5. Sporozoa |
| 3. Mastigophora | 6. Myxomycota |

Kelompok protista yang menyerupai tumbuhan adalah

- A. 1 dan 2
- B. 2 dan 6
- C. 2 dan 4
- D. 3 dan 5
- E. 4 dan 6

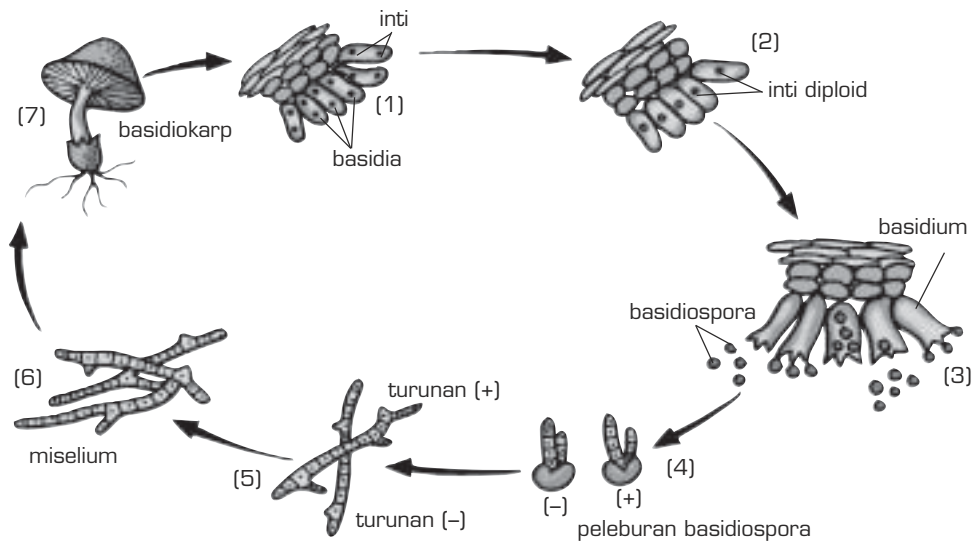
12. Salah satu protista jenis siliata yang hidup parasit dan sering ditularkan melalui kotoran kucing adalah
- A. Plasmodium
B. Trichomonas
C. Paramecium caudatum
D. Toxoplasma
E. Balantidium coli
13. Asam alginat yang dihasilkan oleh alga cokelat digunakan dalam pembuatan
- A. agar-agar
B. bahan penyekat dinamis
C. suplemen protein sel tunggal
D. tekstil
E. es krim
14. Jamur mana yang berperan dalam pembentukan antibiotika?
- A. *Penicillium notatum*
B. *Penicillium camemberti*
C. *Aspergillus flavus*
D. *Rhizopus oligosporus*
E. *Aspergillus wentii*
15. Zat-zat berikut ini yang merupakan komponen dinding sel pada jamur adalah
- A. kitin, peptidoglikan, lipoprotein
B. glukana, peptidoglikan, Kitin
C. glukana, Mannan, Kitin
D. glukana, Mannan, Selulosa
E. mannan, Kitin, Selulosa
16. Perhatikan gambar berikut:



Pernyataan yang tepat adalah

- A. 1 zygospora, 4 spora
B. 1 spora, 3 sporangium
C. 2 tangkai spora, 3 sporangium
D. 3 zygospora, 4 spora
E. 3 sporangium, 2 zygospora

17. Perhatikan siklus hidup jamur payung berikut ini.



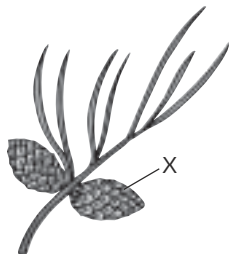
Berdasarkan siklus tersebut, pernyataan yang benar adalah . . .

- A. basidiokarp dan basidium berinti dua, masing-masing inti diploid
 - B. basidiospora haploid, inti pada basidia no. 1 haploid
 - C. miselium diploid, basidiospora diploid
 - D. strain (turunan) inti (+) dan (-) diploid, basidia haploid
 - E. basidiokarp berasal dari fertilisasi
18. Kelompok mana yang menunjukkan keanekaragaman jenis dalam famili?
- A. Ayam bekisar dan ayam ras.
 - B. Beruang putih dan beruang cokelat.
 - C. Kelapa hijau dan kelapa gading.
 - D. Kelapa dan aren.
 - E. Badak bercula satu dan badak bercula dua.
19. Di antara pernyataan berikut yang merupakan tujuan klasifikasi makhluk hidup adalah . . .
- A. menyederhanakan objek studi
 - B. menentukan persamaan ciri-ciri makhluk hidup
 - C. memberi nama ilmiah pada setiap makhluk
 - D. menentukan perbedaan ciri-ciri makhluk hidup
 - E. melestarikan makhluk hidup

26. Penebangan kayu di hutan harus memenuhi persyaratan tertentu agar kelestarian terjaga. Persyaratan tersebut di antaranya . . .
- A. tebang habis, tanam lagi D. penebangan maksimal
 B. penebangan minimal E. reboasasi di pinggir hutan
 C. sistem tebang pilih
27. Kelompok tumbuhan berikut yang termasuk ke dalam kingdom Protista adalah . . .
- A. alga, lumut, paku D. fungi, lumut, tumbuhan biji
 B. alga, paku, tumbuhan biji E. fungi, lumut, paku
 C. lumut, paku, tumbuhan biji
28. Berikut ini adalah ciri-ciri tumbuhan paku dan lumut.
1. Berkembang biak dengan spora.
 2. Akar berbentuk rizoid.
 3. Mempunyai tunas daun yang menggulung.
 4. Berakar serabut.
 5. Mengalami metagenesis.
 6. Mempunyai berkas pembuluh.

Nomor berapakah yang merupakan persamaan ciri tumbuhan paku dan lumut?

- A. 1 dan 2 D. 4 dan 6
 B. 1 dan 3 E. 5 dan 6
 C. 1 dan 5
29. Kelompok tumbuhan mana yang merupakan tumbuhan berpembuluh?
- A. Tumbuhan paku, tumbuhan biji, lumut
 B. Tumbuhan biji terbuka, tumbuhan biji tertutup, tumbuhan paku
 C. Tumbuhan paku, lumut, alga
 D. Tumbuhan biji, lumut daun, lumut hati
 E. Tumbuhan biji, lumut, alga
30. X adalah alat reproduksi kelompok Gymnospermae yang disebut . . .



- A. spora
 B. zygospora
 C. bunga
 D. prothallium
 E. strobilus

31. Berikut ini ciri-ciri kelas Dikotil, **kecuali**
- berkas pembuluh menyebar di seluruh bagian batang
 - bagian-bagian bunga berjumlah 5 atau kelipatannya
 - pada batang terdapat silinder pusat
 - memiliki akar tunggang
 - biji memiliki setangkup atau sepasang keping biji
32. Cacing pipih (Platyhelminthes) memiliki tiga lapis jaringan lembaga dan hanya satu rongga tubuh, yaitu rongga pencernaan. Oleh karena itu, cacing pipih disebut kelompok
- diploblastik aselomata
 - diploblastik selomata
 - triploblastik aselomata
 - triploblastik selomata
 - triploblastik pseudoselomata
33. Berikut ini beberapa ciri Arthropoda:
- Tubuh terbagi menjadi tiga bagian, yaitu kepala, dada, perut
 - Memiliki tiga pasang kaki
 - Memiliki dua pasang antena
 - Melakukan ekskresi menggunakan tubuh malphigi
- Ciri-ciri yang dimiliki oleh kelompok Insekta adalah
- 1, 2, dan 3
 - 1, 2, dan 4
 - 1, 3, dan 4
 - 2, 3, dan 4
 - 3 dan 4
34. Di antara vertebrata berikut, yang bersifat poikiothermis
- sapi, biri-biri, ikan gurame
 - katak, lumba-lumba, ular
 - kasuari, paus, kambing
 - ayam, kucing, buaya
 - katak, tongkol, buaya
35. Vertebrata yang menjadi ciri khas Australian di antaranya
- platypus, kanguru, maleo
 - gajah, komodo, platypus
 - maleo, orang utan, kanguru
 - harimau, kiwi, anoa
 - orang utan, anoa, dan malaka
36. Ladang-ladang atau tegalan yang dibiarkan dalam waktu yang lama akan berubah menjadi semak belukar, peristiwa ini dinamakan
- polusi
 - degradasi
 - suksesi
 - abrasi
 - eutrofikasi

37. Kalau terjadi pencemaran insektisida pada ekosistem air tawar, dalam beberapa tahun kadar bahan yang paling tinggi akan didapatkan dalam
- A. air
B. tumbuhan air
C. tubuh serangga air
D. tubuh karnivor
E. tubuh herbivor
38. Berikut ini adalah indikator-indikator suatu perairan yang tercemar, **kecuali**
- A. berbau
B. berasa
C. berwarna
D. keruh
E. kurang oksigen
39. Polutan di bawah ini yang akan menimbulkan hujan asam adalah
- A. SO_2 , NO_2
B. SO_2 , CO_2
C. NO_2 , CO_2
D. CFC, NO
E. CO_2 , CO
40. Sampah plastik tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Untuk memperkecil kadar polusinya dapat dilakukan dengan cara
- A. menghindari produksi bahan jadi dari bahan baku plastik
B. sampah plastik di daur ulang
C. melarang masyarakat menggunakan plastik
D. mengumpulkan sampah plastik dan ditempatkan di lokasi yang aman.
E. membakar sampah plastik

B. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar.

1. Mengapa biologi dianggap sciences atau sains?
2. Apakah keanekaragaman hayati yang tinggi itu penting?
3. Jelaskan pengertian metagenesis!
4. Sebutkan sedikitnya 4 macam ciri-ciri mamalia!
5. Jelaskan pengertian "efek rumah kaca"!

GLOSARIUM

A

- Abiotik 129, 153, 247
Aflatoksin 110
- Anatomi 5, 186, 233
- Anteridium 74, 100, 160, 163, 165, 166
Antibiotik 53, 54
- Arkegonium 160, 163, 165, 166
Arkeobakteria 41, 43, 44-46, 69
- Ascon 198
Aseksual 51, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 93, 97, 101, 104, 163, 205, 208, 225
- Aselomata 196
Askokarpus 100, 104, 108
Askus 99, 100
- Atmosfer 73, 149, 162, 257
Autotrof 69, 70, 129, 159
- sifat tidak hidup.
toksin yang dihasilkan oleh galur kapang *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticum*, bersifat karsinogen.
cabang biologi yang mendalami susunan makhluk hidup berdasarkan pemeriksaan bagian yang diiris.
alat kelamin jantan tempat berkembang sel-sel kelamin jantan pada tumbuhan rendah.
senyawa yang dihasilkan suatu jasad renik yang dalam kadar rendah mampu menghambat perkembangbiakan jasad renik lain.
alat reproduksi seksual yang menghasilkan sel telur pada paku-pakuan dan lumut.
salah satu dari tiga dunia primer makhluk/kelompok bakteri yang meliputi bakteri metanogen, halofil ekstrem, dan termofil ekstrem.
tipe saluran air pada porifera
keadaan makhluk hidup yang tidak mempunyai alat kelamin; sifat perkembangbiakan yang tidak melibatkan kegiatan alat-alat kelamin/perkembangbiakan secara vegetatif.
tidak mempunyai selom atau rongga tubuh.
tubuh buah pada *Ascomycetes*.
sel berbentuk kantung yang khas terdapat pada stadium kawin *Ascomycetes*.
lapisan sampul gas (umumnya terdiri atas oksigen dan nitrogen) yang menyelimuti bumi.
organisme yang secara mandiri dapat memenuhi bahan organik yang dibutuhkannya dengan cara menyintesisnya dari bahan anorganik.

B

- Bakteriofage 28-30, 32
Basidiokarpus 101, 102, 104
Biogeografi 5
- virus yang menyerang bakteri
tubuh buah jamur *Basidiomycetes* yang mengandung basidium.
penelaahan persebaran geografi makhluk, habitat, dan faktor sejarah serta biologi yang mendasarinya.

GLOSARIUM

Biomassa, 72, 85, 252, 254	berat kering suatu organisme.
Biosfer 11, 12, 13, 16, 245	sistem biologi yang terdiri atas ekosistem di dunia.
Biotik 129, 153, 246, 247	mahluk hidup baik yang mikro maupun yang makro serta prosesnya.
Botani, 4, 5	ilmu tumbuh-tumbuhan.

C

Campak 31	penyakit yang disebabkan oleh paramiksovirus yang mengandung RNA.
-----------	---

D

Dikotil 134, 181, 187, 182, 183	tumbuhan bunga yang bijinya mempunyai dua kotiledon atau dua keping biji.
Diploblastik 196, 197, 201	mempunyai dua lapisan derma.
Diploid 98, 159, 160	keadaan hifa yang sel-selnya mengandung dua inti.

E

Ekologi 245	suatu lingkungan dengan segala kondisi dan penghuninya yang merupakan suatu sistem.
Ekosistem 10, 11, 13, 91, 129, 130, 134, 141, 148, 149, 151, 153, 219, 232, 243, 246, 252, 254, 255, 284, 285-290	komunitas makhluk dan lingkungan fisiknya yang berinteraksi sebagai satuan.
Embriologi 5	ilmu yang mempelajari seluk beluk embrio dan segala sesuatu yang ada hubungannya dengan embrio.
Endosperma 181	jaringan yang mengandung persediaan makanan pada tumbuhan berbiji.
Entomologi 5	cabang zoologi yang mendalami seluk beluk kehidupan serangga.
Eubakteria 41, 43, 46-66, 69	salah satu dari tiga dunia primer makhluk hidup, yang meliputi bakteri dan sianobakteri atau alga hijau-biru.1
Eukariot 46, 51	organisme tinggi yang sel-selnya mempunyai inti.

GLOSARIUM

- Eutrofikasi 148, 271 penimbunan mineral yang menyebabkan pertumbuhan alga berlipat ganda sehingga menutupi permukaan air.
- Ex situ 151 keadaan suatu organisme di luar habitatnya (tempat tinggalnya).

F

- Fase lisogenik 30 fase ketika sel inang tidak mengalami lisis.
- Fase litik 30 fase ketika sel inang pecah karena terbentuknya virus-virus baru.
- Fermentasi 55, 104 proses perombakan molekul-molekul bahan organik tanpa adanya oksigen; hasil perombakan berupa alkohol atau asam laktat.
- Fertilisasi 174, 176, 181, 221, 225, 227, 228, 229, 230 pembuahan; penyatuan gamet jantan dan gamet betina untuk membentuk zigot.
- Fisiologi 5, 44, 233 cabang biologi yang berkaitan dengan fungsi dan kegiatan kehidupan; ilmu faal.
- Fitoplankton 70, 72, 73, 85 organisme laut (tumbuhan) yang sangat halus, melayang di dalam air laut, dan merupakan makanan ikan.
- Flagela 70, 71, 73, 74, 79, 80, 81, 82, 95, 159 alat yang dapat digunakan untuk bergerak.
- Floem 165 jaringan yang terdapat di batang, akar, dan tulang daun; tempat mengalirnya makanan yang dibuat dalam daun.

G

- Gametangium 97 sel, struktur atau organ yang membentuk gamet di dalamnya.
- Gametofit 76, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 169, 173, 186 fase daur hidup tumbuhan yang mempunyai inti sel haploid.
- Gemma 163 kuncup pada bagian atas “lembaran daun” *Marchantia* yang merupakan alat perkembangbiakan aseksual.
- Gen 11, 34, 126 bagian dari kromosom, berfungsi sebagai pembawa faktor keturunan.

GLOSARIUM

H

- Habitat 44, 125, 146, 147, 165, 221, 246, 253, 284 lokasi atau lingkungan tempat makhluk biasanya tumbuh dan hidup secara alamiah.
- Halofil 45-46 hidup subur pada habitat masin dengan kadar garam yang tinggi.
- Haploid 98, 101, 159, 160, 162, 97 keadaan dalam sel atau jaringan yang inti-inti selnya hanya mempunyai satu sel kromosom yang tidak berpasangan.
- Herbivor 45, 220, 252, 284 pemakan tumbuhan.
- Hermafrodit 199, 205, 210, 222, 227 tumbuhan atau hewan yang mempunyai dua macam alat kelamin jantan dan betina.
- Heterotrof 47, 69, 70, 71, 78, 80, 81, 252, 284 mempunyai sifat memperoleh makanan dan energi dari sumber organik.
- Hipotesis 7, 8, 16 pernyataan kerja suatu asumsi dengan penjelasan kenyataan teramati yang mengarah pada peramalan untuk diuji kebenarannya.
- Homeostatis, 3, 4, kemampuan makhluk hidup dalam mempertahankan keseimbangan tubuhnya.

I

- In situ 151 objek yang dibicarakan berada di dalam lingkungan alamiahnya yang asli.

K

- Kaliptra 162, 169 bagian akar yang paling ujung; tudung akar yang melindungi tutup kapsul pada lumut.
- Kapsid 28 protein pelindung yang mengelilingi DNA dan RNA suatu virus.
- Kariogami 99 peleburan antara dua inti sel kelamin, yang umumnya terjadi setelah plasmogami.
- Karnivor 220, 252, 254, 263 pemakan daging, biasanya menjadi konsumen sekunder atau tersier.
- Karotenoid 58, 71, 72 pigmen kuning, jingga, merah terlarutkan lemak yang terdapat pada sel-sel berfotosintesis.
- Kitin 92 polisakarida yang mengandung unsur nitrogen

GLOSARIUM

- Klitelum 209, 210
Komunitas 11, 80, 236, 246, 248, 264, 265
Konidiospora 99, 104
- L**
Leucon 198
- M**
Medusa 200, 201, 202
Meiosis 93, 98, 100, 160, 162
Metagenesis 76, 77, 161
Metanogen 45,46
Mikoriza 98, 103, 107,110
Mikrobiologi 5
Miselium 93, 95
Monokotil 181, 182, 183, 187
Mutasi 25, 34
- O**
Oogonium 74
- berbentuk molekul-molekul seperti serabut panjang, dijumpai pada dinding sel jamur dan selaput penutup serangga.
alat kopulasi pada Annelida.
kumpulan berbagai populasi yang saling berinteraksi secara langsung atau tidak, menempati suatu daerah tertentu.
spora yang terbentuk secara aseksual di ujung hifa.
- tipe saluran air pada porifera.
- bentuk hidup koloni pada Coelenterata.
pembelahan sel dan nukleus ketika jumlah kromosom direduksi dari diploid ke haploid.
pergantian generasi dari generasi aseksual ke generasi seksual.
menghasilkan metana.
jamur akar, suatu simbiosis antara jamur dan akar tanaman tinggi.
cabang biologi yang mendalami seluk beluk kehidupan mikroba.
nama kelompok massa hifa yang menyusun tubuh atau talus jamur.
sekelompok tumbuhan bunga yang bijinya mempunyai hanya satu kotiledon.
perubahan mendadak pada bentuk dan susunan DNA dalam kromosom makhluk.
- alat kelamin betina pada alga atau jamur Oomycetes yang mengandung satu atau lebih oosfer

GLOSARIUM

Organisme 3, 11, 12, 25, 34, 43, 44, 47, 54, 72, 91, 96, 129, 186, 226, 245, 246, 248, 248, 250, 251, 252, 254, 255, 265

Oskulum 198 lubang besar pada bagian ujung atas tubuh Porifera.

P

Paraseksual 51 perkembangbiakan tanpa penyatuan sel kelamin, tetapi tetap terjadi pertukaran materi genetik antara dua individu.

Parasit 25, 72, 83, 93, 96, 103, 135, 207, 219, 220, 236 makhluk yang hidup pada atau di dalam tubuh makhluk lain serta mengambil makanan dari inangnya itu.

Periostrakum 223 lapisan kitin yang menyelimuti tudung Moluska air tawar dan berfungsi sebagai lapisan pencegah terbentuknya karat.

Plasmodium 69, 79, 250 fase vegetatif yang khas dari Myxomycetes.

Plasmogami 97 peleburan antara sitoplasma dua sel kelamin, yang umumnya terjadi sebelum kariogami.

Polip 201, 202, 203 bentuk hidup koloni pada Coelenterata.

Populasi 11, 12, 33, 246 sekelompok individu sejenis yang hidup dan berkembang biak pada daerah tertentu.

Produsen 69, 70, 78, 129, 248, 252, 254, 284 organisme autotofik (tumbuhan berklorofil) yang mampu berfotosintesis.

Proglotid 206 bagian tumbuh yang dapat membentuk individu baru yang terbentuk dari proses strobilisasi pada cacing pita.

Prokariot 43, 46 organisme bersel tunggal yang strukturnya sederhana, tidak memiliki mitokondria dan badan golgi serta nukleus.

Protalium 171 gametofit jenis paku yang khas bentuknya, menyerupai daun, pipih, kecil, melekat pada tanah dengan semacam akar.

Pseudoselomata 196 tidak mempunyai selom atau rongga tubuh semu.

Psilotum 172 tumbuhan paku yang paling sederhana.

GLOSARIUM

R

- Rantai makanan 70, 245, 252-253, 260, 262, 284 perindahan energi dari cahaya matahari yang dimanfaatkan tumbuhan hijau, melalui serangkaian organisme dalam peristiwa makan dan dimakan.
- Reproduksi 78, 83, 93, 147, 203, 209, 225, 229 perkembangbiakan.
- Rizoid 74, 106, 161 organ penyerap berbentuk benang-benang yang tumbuh dari talus gametofit lumut dan paku-pakuan.
- Rizoma 167-169 rimpang.

S

- Saproba 93, 95, 96, 99, 107, 108 makhluk yang hidup subur dalam air kaya bahan organik sedang membusuk; makhluk bukan tumbuhan yang menggunakan bahan organik mati sebagai sumber makanannya.
- Sefalotoraks 212, 220 bagian tubuh yang dibentuk dari fusi antara kepala dan toraks pada Arachnida dan Crustacea.
- Sel 11, 25, 26, 43, 51, 59, 70 satuan struktur terkecil makhluk.
- Selomata 196 mempunyai selom atau rongga tubuh.
- Simbion 106 salah satu pelaku simbiosis.
- Simetri bilateral 195, 209, 236 jika tubuhnya dipotong melalui mulut dan anus akan didapat bagian yang sama antara sisi kiri dan kanan.
- Simetri radial 195, 224, 236 menghasilkan potongan yang sama jika tubuhnya dipotong melalui sumbu vertikal median.
- Sistiserkus 206 cacing gelembung yang terbentuk dari kista.
- Skoleks 206 bagian kepala/anterior cacing pita.
- Soredium 106 gumpalan-gumpalan renik yang terdiri atas beberapa sel ganggang berbalut hifa.
- Spongosel 198 saluran air yang terdapat pada bagian tengah tubuh Porifera.
- Sporofit 76,77, 162, 165, bagian tumbuhan yang menghasilkan spora;

GLOSARIUM

166, 173	bersifat diploid; terdapat pada lumut dan paku-pakuan.
Sterilisasi 53	proses pemusnahan total semua mikroba dan organisme lain yang dapat hidup dalam lingkungan atau material dengan cara-cara fisik atau kimiawi.
Suksesi 263, 265, 285	urutan perubahan bentuk komunitas di suatu tempat yang berjalan searah.
Sycon198	tipe-tipe saluran air pada Porifera.
T	
Taksonomi, 5	cabang biologi yang mempelajari klasifikasi makhluk hidup.
Termofil 45, 46	organisme yang suka panas, biasanya tumbuh paling baik pada suhu di atas 50° C.
Terna 134, 184	tumbuhan dengan batang lunak tak berkayu atau hanya mengandung jaringan kayu sedikit sekali.
Transduksi 51	pemindahan materi genetik dari satu sel bakteri ke sel bakteri lain dengan perantara virus.
Transformasi 51	rekombinasi genetika pada bakteri; perubahan sifat sel normal menjadi sel yang jahat akibat infeksi sel normal oleh virus kanker; perubahan bentuk karena perolehan bahan genetika asing.
Triploblastik 196, 204, 207, 208	mempunyai tiga lapisan lembaga.
V	
Vektor 25, 34, 218	mahluk yang mampu membawa atau menularkan virus.
Virion 27, 36	suatu virus dengan materi genetik yang terbungkus oleh pembungkus protein (partikel virus).
Virus 23-40, 43, 271	parasit obligat intraseluler terdiri atas asam nukleat berukuran sangat renik dan lolos saringan bakteri.

GLOSARIUM

Z

- Zigospora 74, 97, 98 sel yang terbentuk karena zigogami atau perpaduan konjugasi antara dua gamet yang serupa.
- Zigot 76, 77, 84, 100, 163, 181, 206, 230, 235 sel diploid hasil perpaduan gamet jantan dan gamet betina haploid; sel telur yang telah dibuahi dan belum melakukan proses pembelahan; individu embrio yang berkembang dari sel tersebut.
- Zoologi 4, 5 ilmu yang mempelajari seluk beluk kehidupan hewan.
- Zooplankton 80, 213, 236 plankton yang berperilaku sebagai hewan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, J.W. 1982. **The Study of Biology**. Sydney: Addison. Wesley Publishing. Company.
- Barrett, James M, et all. 1998. **Biology**. London: Prentice–Hall
- Barnes, R.D. 1974. **Invertebrate Zoology**. London : Saunder College Publishing.
- Bernstein, Ruth. 1989. **Schaum s 3000 Solved Problems in Biology** Second Edition. New York: McGraw -Hill, Inc.
- Brock, T.D. & M.T. Madigan. 1991. **Biology of Microorganism**. London : Printice Hall International, Inc.
- Campbell, A. Neil. 1994. **Biology jilid 1, 2, 3** (terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Clegg, CJ. 1994. **Advanced Biology Principles & Applications**. London: John Murray Ltd.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1998. **Materi Pokok Pendidikan dan Pelatihan Kependudukan dan Lingkungan Hidup: Pencemaran**. Jakarta.
- Gordon, Alexander. 1970. **General Zoology Fifth Edition**. New York: Barnes and Noble, Inc.
- Green, N.P.O., et all. 1986. **Biological Science 1**. London: Cambridge University Press.
- Hobbelink, Henk. 1988. **Bioteknologi dan Pertanian Dunia Ketiga; Harapan Baru atau Janji Palsu**. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia.
- Hopson, J.L., et all. 1990. **Essentials of Biology**. New York: McGraw-Hill Publishing Company.
- Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 6**. Grollier International, Inc.
- Intisari No. 506**, September 2005.
- Keneth, J.H. 1972. **Henderson s Dictionary of Biological Terms**. London: Oliver & Boyd Ltd.
- MacKinnon, Kathy. 1992. **Nature s Treasurehouse, The Wildlife of Indonesia**. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Miller, Stephen A. & Harley John P. 2005.. **Zoology**. New York: McGraw-Hill
- Muhlisah, Fauziah. 1995. **Tanaman Obat Keluarga**. Jakarta: PT Penebar Swadaya.
- Muhlisah, Fauziah. 1996. **Sayur dan Bumbu Dapur Berkhasiat Obat**. Jakarta: PT Penebar Swadaya.
- Murray, P.R., et all. 1997. **Manual of Clinical Microbiology** Sixth Edition. London: ASM Press.
- P3G IPA. 1993. **Materi Pokok Pendidikan dan Pelatihan Kependudukan dan Lingkungan Hidup: Limbah Domestik**. Bandung: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Pelczar, M.J. & E.C.S. Chan. 1986. **Dasar-Dasar Mikrobiologi**. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Polunin, Nicholas. 1990. **Pengantar Geografi Tumbuhan dan Beberapa Ilmu Serumpun**. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Postlethwait, John H. & Janet L Hopson. 1995. **The Nature of Life**. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Robson, M.D and A.G. Morgan. 1980. **Biology Today**. London: Macmillan Education LTD.
- Schlegel, H.G., & Karin Schmidt. **Mikrobiologi Umum**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Smith, G. M. 1955. **Cryptogamic Botany Vol I-II**. New York: Mcgraw-Hill Book Company, Inc.
- Starr, Cecie & Ralph Taggart. 2004. **Biology The Unity and Diversity of Life**. USA: Thomson.
- Storer, T.I., **et all. General Zoology Fifth Edition**. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Tjitrosoepomo, Gembong. 1993. **Taksonomi Tumbuhan**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Trubus 402, Mei 2003 XXXIV.
- Trubus 407, Oktober 2003 XXXIV
- Williams, Gareth. 1996. **Biology for You**. London: Stanley Thornes Ltd.
- Whitten, Tony. 2002. **Indonesia Heritage: Margasatwa (terjemahan)**. Jakarta: Buku Antar-Bangsa.
- Yahya, Harun. 2002. **Menyingkap Rahasia Alam Semesta**. Bandung: Dzikra.

INDEKS

A

Abiotik, 129, 153, 247
Acrasiomycotina: 78, 79- 80; daur hidup, 79
Adaptasi, 229
Adenovirus, 28
Aflatoksin, 110
Agnatha (cyclostomata), 227, 236
Agrikultur, 5
Agrobacterium tumifaciens, 52
AIDS (**A**cquired **I**munodeficiency **S**yn-**d**rome), 31, 25, 28, 32
Akinet, 60
Alga cokelat (phaeophyta), 74-75
Alga hijau (chlorophyta), 77-78
Alga hijau-biru: 61; peran, 61
Alga merah (Rhodophyta), 75-77
Aliran energi, 255, 262-263
Ameba, 73, 80, 81, 81, 82
Amebiasis, 80
Ameboid, 79
Amfibi, 229-230, 236
Amphineura, 221
Anabaena, 61
Anatomi: 233; hewan, 5; tumbuhan, 5; ahli, 186
Angiospermae: 173; Siklus hidup, 180
Animalia: 195; ciri-ciri morfologi, 195-235
Annelida, 208-210, 236
Anteridium, 74, 100, 160, 163, 165, 166
Anthozoa, 200, 204
Antibiotik, 53, 54
Aplanospora, 74, 76
Arachnida, 220

Arkegonium, 160, 163, 165, 166
Arkeobakteria, 41, 43, 44-46, 69
Arthropoda, 210-220 , 236
Ascon, 198
Aseksual: 51, 72, , 74, 78, 80, 82, 93, 97,101, 104, 163, 205, 208, 225; perkembangbiakan, 76
Aselomata, 196
Askokarpus, 100, 104, 108
Askomikotina: 100, 107, 110, 95, 98, 99; siklus hidup, 102
Askomisetes, 100, 104, 110
Askospora, 99, 100, 101, 106
Askulum, 198
Askus, 99, 100
Asteroidea, 225
Atmosfer, 73, 149, 162, 257
Autoclave, 53
Autotrof, 69, 70, 129, 159
Aves, 231-233, 234, 236
Azolla pinnata, 61

B

Bakteri: 26, 27, 29, 32, 34, 46, 47-58, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 58, 108, 145, 249, 252, 259, 271; acetobacter, 55; bentuk, 48,49; ciri-ciri, 47; lactobacillus, 55; manfaat, 54; peran, 51-58; peran merugikan, 52-58; peran menguntungkan, 54; perkembangbiakan, 41, 50; stafilokokus, 47; streptokokus, 47; streptococcus lacti, 55; tifoid, 47; struktur, 48; ukuran, 47
Bakteriofage, 28-30, 32
Basidiokarpus, 101,102, 104

INDEKS

Basidiomikotina, 95, 101, 103, 107, 110
Basidiomisetes:103, 104; siklus hidup, 101
Basidiospora, 102
Beijerinck, Dutchman, 26
Biodiversitas: 132; ancaman terhadap, 146; dengan nilai tertentu, 143-146; kelestarian, 146; keunikan, 136; nilai ekonomi langsung, 143-144; nilai ekonomi tidak langsung, 144-146; perairan, 140
Biodiversity prospecting, 145
Biofisika, 5
Biogas, 56
Biogeografi, 5
Biokimia, 5, 44, 77
Biologi: 1-3, 16; hakikat,1-22; ilmu, 4; manfaat, 13; senjata, 14, 52
Biomassa, 72, 85, 252, 254
Biometri, 5
Biosfer, 11, 12, 13, 16, 245
Biosistem, 245
Biota laut, 149, 150
Bioteknologi, 5, 13, 14, 34, 57, 145, 186
Biotik, 129, 153, 246, 247
Blooming, 72, 271
Botani: 4, 5; ahli, 26
Botanis, 77
Bryophyta, 159

C

Calcarea, 199
Calmette, Alber, 54
Campak: 31; Jerman, 31
Candida, 105
Carposporangium, 77

Cendawan, 92
Cephalopoda, 224
Chilopoda, 220
Chondrichthyes, 228
Chordata, 226-235
Chrysophyta, 73-74
Ciitake, 103
Ciliofora, 81
Coelenterata, 200-204, 236
Coniferophyta, 176, 186
Crinoidea, 226
Crustacea, 212-213
Cycadophyta, 175, 186
Cyclostomata, 236

D

Daktilozoid, 203
Daur: air, 256, 257; biogeokimia, 256; fosfor, 256, 260; karbon dan oksigen, 256, 258; nitrogen, 256, 257; sulfur, 256, 260
Daur ulang, 282, 283
Daya virulensi, 49
DDT (Dichloro Diphenil Trichloro-
retan), 269, 270
Dekomposer (Pengurai), 69, 91248, 285
Demospongia, 200
Denitrifikasi, 258
Detritivor, 248, 285
Deuteromisetes, 104
Diatom: 73; dinding sel, 73
Dikariotik, hifa,100, 101
Dikotil, 134, 181, 187, 182, 183
Dinding sel tumbuhan, 77
Dinoflagellata: 72, 73; autotrof, 72; heterotrof, 72

INDEKS

Diplobasilus, 48
Diploblastik, 196, 197, 201
Diploid, 98, 159, 160
Diplokokus, 48
Diplopoda, 220
DNA: 11, 25, 26, 27, 28, 32, 36, 50, 51, 57; bakteri, 30, 51; virus, 30
Dunia hewan, 193-242
Dunia tumbuhan (kingdom Plantae), 157-192

E

Echinodermata, 224-226, 236
Echinoidea, 226
Efek rumah kaca, 273
Ekologi, 245
Ekosistem: 10, 11, 13, 91, 129, 130, 134, 141, 148, 149, 151, 153, 219, 232, 243, 246, 252, 254, 255, 284, 285-290; alami, 107, 265; danau, 130; hutan gugur, 130; hutan tropis, 130; komponen, 245; laut, 130, 142, 224; padang rumput, 130; pantai, 130; pelestarian, 150; pemeliharaan, 263, 276-283; peranan, 243-290; pertanian, 107; perubahan, 245, 263-275; sawah, 130; sungai, 130
Ekskresi, 4
Eksperimen, 7, 8, 9, 16
Eksplorasi kekayaan Indonesia, 125
Elton, 254
Embriologi, 5
Endosperma, 181
Entameba: 82; gingivalis, 82; histolitica, 82
Entomologi, 5

Envelope, 27, 36
Enzim, 61
Epifit, 134, 136, 167, 250
Eubakteria, 41, 43, 46-66, 69
Euglena: 70; sanguinea, 71; viridis, 71
Euglenoid, 70, 71
Euglenophyta, 70
Eukariot, 46, 51
Eukariotik, 159
Eutrofikasi, 148, 271
Evolusi morfologi, 234
Ex situ, 151

F

Fase: lisogenik, 30; litik, 30
Fauna, 125, 131, 139, 143
Fenomena global, 33
Fermentasi, 55, 104
Fertilisasi: 174, 176, 181, 225; eksternal, 227, 228, 229, 230; internal, 221, 227, 228, 230
Fikoeritrin, 58
Fikosianin, 58
Fiksasi nitrogen, 43, 257
Fire plant, 72
Fisiologi: 44, 233; hewan, 5; tumbuhan, 5
Fitoflagellata, 81
Fitoplankton, 70, 72, 73, 85
Flagela: 70, 71, 73, 74, 79, 80, 81, 82, 95, 159; bakteri, 50
Flagellata, 80, 81
Floem, 165
Flora, 125, 131, 137, 139, 143
Flu burung, 25, 31, 33
Fotosintesis, 47, 58, 69, 71, 106, 129, 142, 162, 165, 249, 259

INDEKS

Fotosintetik, 72, 73
Fragmentasi: 60, 74, 76, 106, 146; hifa, 102
Fungi, 47, 77, 252

G

Gamet, 75
Gametangium, 97
Gametofit, 76, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 169, 173, 186
Gametosit, 84
Gas bio, 283
Gastropoda, 221-222
Gastrozoid, 201, 203
Gemma, 163
Gen: 11, 34, 126; bakteri, 57 insulin, 57
Generatif, 76
Genetik, 149
Ginkgophyta, 175, 186
Gnetophyta, 176, 186
Gonidoblast, 76
Gonozoid, 201, 203
Guerin, Camille, 54
Gymnospermae, 173

H

Habitat, 44, 125, 146, 147, 165, 221, 246, 253, 284
Haeckel, Ernest, 245
Halofil ekstrem, 45-46
Halofit, 141
Hamidah, Dida, 128
Haploid, 98, 101, 159, 160, 162, 97
Haustoria, 91, 95
Hemiparasit, 135
Hepatitis, 31

Herbivor, 45, 220, 252, 284
Hermafrodit, 199, 205, 210, 222, 227
Herpes, 31
Heterokista, 60
Heterospora, 166, 167, 169, 186
Heterotrof, 47, 69, 70, 71, 78, 80, 81, 252, 284
Hewan homoiotermis, 231
Hexactinellida, 199
Hexikology, 245
Hilaire, Geoffrey St., 245
Hipotesis, 7, 8, 16
HIV, 28, 32
Holothuroidea, 226
Homeostatis, 3, 4
Homospora, 166, 167, 169, 186
Hormogonium, 60
Hujan asam, 273
Hutan: berduri, 135; hujan tropis, 130, 133; mangrove (hutan bakau), 140, 141; musim, 135, 136; sabana, 135, 136; tropis, 168

I

Iklm global, 149
In situ, 151
Industri: perhutanan, 149; pertanian, 149
Insekta, 213-219
Invertebrata, 227, 236
Ivanovsky, D.J, 26

J

Jamur (fungi): 47, 53, 54, 89-114, 145, 249, 271; antioksidan, 107; ciri-ciri umum, 91; ciri-ciri utama,

INDEKS

- 95; gada, 101, 103; kantung, 98, 103; klasifikasi, 93, 94-103; konsumsi, 108; kuping, 103, 108; lingzhi, 110; maitake, 110; merang, 101, 108; mutualistik, 93; parasitik, 93; patogen, 109; pengurai, 108; peranan bagi kehidupan, 107; siklus hidup, 93, 94; struktur tubuh, 91; saprofit, 91; tempe, 97; tiram, 103; zigot, 96, 103
- Jaringan, 11
- Jaring-jaring makanan, 224, 245, 252-253, 284
- K**
- Kaliptra, 162, 169
- Kanopi, 133
- Kapang, 104, 110
- Kapsid, 28
- Kapsomer, 28
- Kariogami, 99
- Karnivor, 220, 252, 254, 263
- Karoten, 74
- Karotenoid, 58, 71, 72
- Keanekaragaman: fauna, 141, 142; flora, 142; gen, 126-129; hayati, 123-156; jenis, 125, 132; tumbuhan, 133, 136; ekosistem, 125, 129
- Kebun tanaman obat, 151, 152
- Kerja ilmiah, 7-10
- Khamir, 91, 100, 103, 104, 105, 110, 110
- Khitrid, 95, 110
- Khitridiomikotina, 95, 110
- Kista, 72, 82
- Kitin, 92
- Keseimbangan ekologis, 80
- Klitelum, 209, 210
- Kloning, 14
- Klorofil, 47, 58, 72, 74, 81, 159, 163
- Kloroplas: 71, 71, 77; euglenoid, 71
- Koch, Robert, 54
- Komponen: abiotik, 247-248, 284; biotik, 248-249, 284
- Komunitas, 11, 80, 236, 246, 248, 264, 265
- Konidiospora, 99, 104
- Konjugasi, 51, 80
- Konseptakel, 75
- Kopulasi, 210
- Kotiledon, 181
- Kultur jaringan, 185
- Kunci determinasi, 214
- Kutikula, 209
- L**
- Lapisan: nakre, 234; prisma, 223
- Leucon, 198
- Liana, 134, 136
- Lichen, 103, 105, 106, 110, 264
- Limbah: 278, 280, 281, 283; domestik, 148, 278, 281; pabrik, 148, pengelolaan, 245, 277-284
- Lumut: daun, 161-162; gada, 167; hati, 161, 163-164; kerak, 105; tanduk, 161, 164-165
- Lydeker, 137
- M**
- Magnifikasi biologi, 270
- Mamalia: 233-235; ciri morfologi, 233; reproduksi, 235
- Manometer, 53

INDEKS

Margasatwa, 145
Mastigophora, 80, 81
Medusa, 200, 201, 202
Megabiodiversity, 125, 130
Megadiversity, 130
Meiosis: 93, 98, 160, 162; pembelahan, 100
Meiospora, 76
Membran plasma, 27
Mesenterium, 196
Metabolisme, 3, 4, 32, 52, 83
Metagenesis, 76, 77, 161
Metamorfosis: 217; sempurna, 217; tidak sempurna, 217
Metanogen, 45,46
Metode ilmiah, 7
Mikologi, 5, 94
Mikoriza, 98, 103, 107,110
Mikroba, 45, 48, 53, 105
Mikrobiologi, 5
Mikroorganisme, 16, 27, 48, 125, 249, 259, 261, 267, 270
Mikroskop: 48, 195, 236; cahaya, 49; elektron, 27, 49
Mikrospora, 169
Milvart, ST George Jackson, 245
Miselium, 93, 95
Mitosis, 71, 80, 85, 166
Mollusca, 221-223, 236
Monokotil, 181, 182, 183, 187
Mutasi, 25, 34
Myxomycotina, 78, 79

N

Nahba, Hieroaki, 110
Nata de coco, 56
Nemathelminthes, 207-208, 236

Neotropik, 137
Neurotoksin, 72
Nitrifikasi, 258
Nukleus, 83

O

Observasi, 7,
Odum, HT, 262
Oogonium, 74
Ophiuroidea, 226
Organisasi kehidupan, 3, 11,12
Organisme: 3, 11, 12, 25, 34, 43, 44, 47, 54, 72, 91, 96, 129, 186, 226, 245, 246, 248, 248, 250, 251, 252, 254, 255, 265; akuatik, 95; autotrof, 58, 195; eukariot, 70, 91; heterotrof, 93, 195; prokariot, 58, 59
Oriental, 137
Oskulum, 198
Osmoregulasi, 4
Osteichthyes, 228-229
Ovivar, 227, 228, 232
Ovovivipar, 227, 228, 230
Ovum, 74, 75

P

Paedogenesis, 211
Paku: ekor kuda, 167; kawat, 167; sejati, 168
Pancekik pohon, 134
Paramaecium, 82
Paramilum, 71
Paraseksual, 51
Parasit: 25, 72, 83, 93, 96, 103, 135, 207, 219, 220, 236; fakultatif, 251; nonseluler, 36; obligat, 26, 251

INDEKS

- Partenogenesis, 211
Pasteurisasi, 54
Pektin, 77
Pelecypoda, 223-224
Pemanasan global, 272
Pencemaran: air, 148, 267, 268, 285;
tanah, 148, 267, 285; udara,
148, 271, 285
Penyerbukan, 179, 180
Peptidoglikan, 50, 59
Perburuan komersial, 148
Periostrakum, 223
Phytophthora infestans, 95
Pigmen: Klorofil, 75; Karoten, 75;
Xantofil, 75; Fikoeritrin, 75
Piramida: biomassa, 254, 284;
ekologi, 253-254; energi, 245,
255, 284; jumlah, 254, 284
Pisces, 228-229, 236
Plasma nutfah, 149
Plasmodium, 69, 79, 250
Plasmogami, 97
Platyhelminthes, 204-206, 236
Pneumonia Atypical, 31
Polimorfisme, 201
Polip, 201, 202, 203
Populasi, 11, 12, 33, 246
Porifera, 197-200, 236
Predator, 232
Produsen, 69, 70, 78, 129, 248, 252,
254, 284
Profage, 30
Progametangium, 97
Proglotid, 206
Prokariot, 43, 46
Protalium, 171
Protista: 67-88, 91, 104; autotrof, 70;
menyerupai fungi, 69, 78-80;
menyerupai hewan, 69, 80-84;
menyerupai tumbuhan, 69, 70-
78
Protogonyaulax catenella, 72
Protoplasma, 79, 81
Protozoa: 77, 80, 81, 249, 251;
pemakan bakteri, 80; sapro-
fitik, 80
Proyek genom manusia, 14
Pseudopodia, 81
Pseudoselomata, 196
Psilotum, 172
PST (Protein Sel Tunggal), 61
Pyrrophyta, 72
- R**
Rantai makanan, 70, 245, 252-253,
260, 262, 284
Red tides, 72
Regenerasi, 83, 225
Rekayasa genetik, 25, 34, 44, 57, 145,
186
Reproduksi: 78, 83, 93, 147, 203, 209,
225, 229; aseksual, 80, 82, 84;
platyhelminthes, 205; seksual,
80-82, 84, 96, 199:
Reproduksi seksual: plasmogami, 93;
kariogami, 93
Reptilia, 230-231, 236
Reseptakel, 75
Reseptakulum seminis, 210
Rhizobium, 55
Rhizopus: oligosporus, 96;
stolonifer, 97, 104
Rizoid, 74, 106, 161
Rizoma, 167-169
RNA: 25-28,, 32, 36; polimerase, 45

INDEKS

S

- Saccharomyces: 99; cerevicea, 100, 104
- Saproba, 93, 95, 96, 99, 107, 108
- Saprofit, 135
- Sarcodina, 81
- SARS (Severe Avute Respiratory Syndrome), 25, 31, 33
- Scabies, 220
- Scaphopoda, 222
- Sefalotoraks, 212, 220
- Seksual: 51, 71, 74, 78, 80, 93, 101, 221, 225; perkembangbiakan, 76
- Sel: 11, 25, 26, 43, 51, 59, 70; arkeobakteria, 50; bakteri, 59; diploid, 93; eubakteria, 50; euglena, 71; eukariot, 51, 91; hewan, 73; inang, 52; limfosit, 32; mikroorganisme, 61; prokariot, 43, 44, 47, 69; spermatozoid, 202; tumbuhan, 73; Pembelahan 60
- Selomata, 196
- Selulosa, 77
- Septa, 91
- Sesil, 224
- Sianobakteri: 46, 58-61, 106; ciri-ciri, 58; struktur, 59; ukuran, 59; perkembangbiakan, 60
- Siklus: biologi, 261; materi, 43, 47, 55, 245, 255-261, 285
- Siklus hidup: gymnospermae, 182; lumut daun, 159, 160, 163; lumut hati, 163, 164
- Siliata, 82, 83
- Simbion, 106
- Simbiosis: 55, 249; komensalisme, 250; mutualisme, 250; parasitisme, 250, 251
- Simetri: bilateral, 195, 209, 236; radial, 195, 224, 236
- Sistiserkus, 206
- Skizogoni, 84
- Skoleks, 206
- Soredium, 106
- Sorus, 169
- Spermatangia, 76
- Spermatozoid, 74, 75
- Spesies, 128-130,, 145, 149, 153, 167, 210, 213, 218
- Spirulina, 61
- Spongosel, 198
- Spora, 79
- Sporangiospora, 95
- Sporangium, 97, 98, 169, 174
- Sporofil, 167
- Sporofit, 76, 77, 162, 165, 166, 173
- Sporogoni, 84
- Sporozoa, 81, 83-84
- Sporozoit, 84
- Stafilokokus, 48
- Sterilisasi, 53
- Stigma, 70, 71
- Streptobasilus, 48
- Streptokokus, 48
- Strobili, 167
- Strobilus: 167, 174, 175, 177, 186; betina, 177; jantan, 176
- Suksesi: 263, 265, 285; alam, 266; primer, 265, 285; sekunder, 265, 285
- Supardi, 266
- Sycon, 198

INDEKS

T

- Taksonomi, 5
- Tanah diatom, 73
- Tanaman: obat keluarga, 151, 152; transgenik, 186
- Termofil ekstrem, 45, 46
- Termometer, 53
- Termoregulasi, 4
- Terna, 134, 184
- Terumbu karang, 140, 142
- Tingkat keanekaragaman hayati 126
- TMV (Tobacco Mosaic Virus), 28, 32,
- Toksik, 109
- Toksoplasma, 85
- Trageni minamata, 268
- Transduksi, 51
- Transformasi, 51
- Transgenik, 14
- Triploblastik: 196, 204, 207, 208; aselomata, 204; pseudoselomata, 207; selomata, 208, 211, 221, 224
- Tudung cendawan, 102
- Tumbuhan berbiji: 173-185; terbuka (gymnospermae), 174-178, 180, 187; tertutup (angiospermae), 178-185, 187
- Tumbuhan: berpembuluh, 159, 165-173, 186; dikotil, 184; lumut, 186; monokotil, 184; tak berpembuluh, 159-165; peranan bagi kelangsungan hidup, 185

V

- Vaksin TBC, 54
- Vakuola kontraktil, 70, 72
- Variabel: 7 bebas, 7, 9; terikat, 7, 9

- Variasi, 129, 195
- Vaucheria, 73, 74
- Vegetatif, 76, 205
- Vektor, 25, 34, 218
- Vertebrata, 226, 227, 236
- Virion, 27, 36
- Virus: 23-40, 43, 271; bakteri, 30, 32; DNA, 33; flu burung, 33; herpes, 27, 28; hewan, 32; HIV, 25; influenza, 27, 28, 33; karakteristik, 26; lamda, 34; mosaik, 26; Mu, 35; mutasi pada, 33-34; pemanfaatan, 34-35; polio, 28; replikasi, 29; reproduksi, 26, 29; RNA, 33; struktur, 27; tumbuhan, 32; ukuran, 27
- Vivipar, 227, 235
- Wallace Russell, alfred, 136
- Wijaya, sastra, 267

X

- Xantofil, 74
- Xerofit, 136
- Xilem, 165

Z

- Zigomikotina, 95, 96, 107, 110
- Zigomisetes, 104
- Zigospora, 74, 97, 98
- Zigosporangia, 104
- Zigot, 76, 77, 84, 100, 163, 181, 206, 230, 235
- Zooflagellata, 81
- Zoologi, 4, 5
- Zooplankton, 80, 213, 236
- Zoospora, 74, 110
- Zygomikotina, 98

BIOLOGI 1



Ilmu Pengetahuan dan Teknologi saat ini berkembang dengan cukup pesat. Sebagai ilmu dasar dan ilmu murni serta sebagai salah satu bidang IPA, Ilmu Biologi pun mengalami hal yang sama. Ilmu Biologi, saat ini telah memasuki era rekayasa genetika dan bioteknologi yang menghasilkan berbagai penemuan baru.

Buku Biologi untuk SMA dan MA ini merupakan salah satu penunjang dalam proses belajar mengajar. Materi yang terdapat dalam buku ini membahas berbagai konsep Biologi yang mendorong siswa untuk lebih mengembangkan keterampilan, sikap, wawasan, dan nilai ilmiah.

Kelebihan buku ini:

- Disusun dan ditelaah oleh para penulis yang cukup handal dan berpengalaman di bidangnya.
- Disusun secara sistematis sesuai dengan struktur ilmu.
- Disajikan dengan menggunakan bahasa yang jelas, lugas, dan mudah dipahami.
- Dilengkapi gambar-gambar yang jelas dan menarik untuk menunjang materi.
- Disajikan dengan cara diskusi dan melalui pengamatan serta percobaan sederhana sehingga konsep-konsep biologi yang dibahas mudah dimengerti.
- Dilengkapi dengan tugas dan kegiatan yang menunjang materi pembelajaran serta Info Biologi sebagai penambah pengetahuan.
- Dilengkapi evaluasi akhir bab, akhir semester, dan akhir tahun yang mencakup tiga ranah evaluasi, yaitu kognitif, afektif, dan psikomotorik. Juga dilengkapi dengan glosarium dan indeks.

ISBN 978-979-068-831-5 (nomor jilid lengkap)

ISBN 978-979-068-834-6

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp17.136

