

Herni Budiati



Biologi

Untuk SMA dan MA Kelas X



Biologi

Jilid 1 untuk SMA dan MA Kelas X

Herni Budiati



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

1

Herni Budiati



Biologi

Untuk SMA dan MA Kelas X



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

1

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi oleh Undang-undang

Biologi

Jilid 1 untuk SMA dan MA Kelas X

Penulis : **Herni Budiati**
Editor : **Agung Banowo**
Perancang Kulit : **Alfianto S.**
Perancang Tata Letak Isi dan Layout : **Sri Dadi Widiyanto**
Ilustrator : **Sri Dadi Widiyanto**
Sumber Gambar Cover : **Bank Gambar Penerbit, 2006**

574.07

HER

HERNI Budiati

b

Biologi : untuk SMA dan MA Kelas X /penulis, Herni Budiati :
editor, Agung Banowo ; ilustrator, Sri Dadi Widiyanto. — Jakarta :
Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vi, 226 hlm. ; illus. ; 30 cm

Bibliografi : hlm. 223

Indeks

ISBN: 978-979-068-831-5 (no jld lengkap)

ISBN: 978-979-068-832-2

1. Biologi-Studi dan Pengajaran I. Judul
II. Agung Banowo III. Sri Dadi Widiyant

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen
Pendidikan Nasional dari Penerbit CV. GEMA ILMU

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan Departemen
Pendidikan Nasional

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 69 Tahun 2008 tanggal 7 November 2008.

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

kata pengantar

Marilah senantiasa memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena kita masih diberi kesempatan untuk mengembangkan ilmu pengetahuan. Dengan ilmu pengetahuan kita akan dapat memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

Ilmu Biologi mengkaji berbagai fenomena yang terjadi pada makhluk hidup dalam kehidupannya dan interaksinya dengan lingkungan alam sekitarnya. Seseorang yang memiliki pengetahuan Biologi diharapkan dapat bersikap dan bertindak secara ilmiah terhadap permasalahan hidup dan kehidupan makhluk hidup dalam lingkungannya.

Buku Biologi untuk SMA dan MA ini berusaha menyajikan berbagai pengalaman belajar untuk memahami konsep dan prinsip Biologi. Konsep dan prinsip Biologi disajikan secara rinci dengan bahasa yang mudah kamu pahami, serta diperjelas dengan *contoh* dan *gambar*. Kamu juga akan dapat memperluas wawasanmu dengan pengetahuan tambahan yang ada pada *Bio Info*. Pada *Tugas* dan *Kegiatan* kamu akan dapat mengembangkan sikap ilmiah dengan mengajukan dan menguji hipotesis melalui percobaan, serta mengkomunikasikan hasil percobaan secara lisan dan tulisan.

Pada akhir setiap bab juga disajikan *Wacana* yang mengemukakan suatu permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari, untuk dijadikan bahan diskusi. Dalam hal ini kamu akan dapat mengembangkan kemampuan berpikir analitik, induktif, dan deduktif dalam menggunakan konsep dan prinsip Biologi yang telah kamu pelajari.

Akhir kata, semoga buku ini dapat kamu gunakan untuk mempelajari ilmu pengetahuan, terutama ilmu Biologi, yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Selamat belajar.

Surakarta, Oktober 2006

Penyusun

Daftar Isi

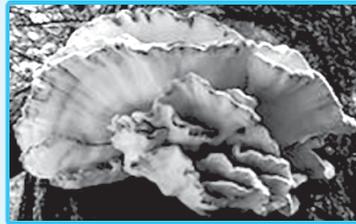
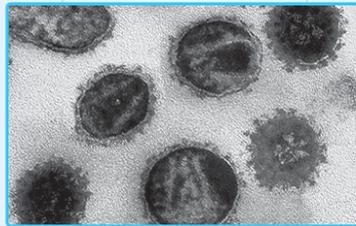
daftar isi

Kata Sambutan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
<i>Semester I</i>	
BAB I Ruang Lingkup Biologi.....	3
A. Perkembangan Biologi	5
B. Cabang-Cabang Biologi.....	9
C. Ruang Lingkup dan Manfaat Biologi	9
D. Organisasi Kehidupan	13
E. Metode Ilmiah	15
Rangkuman	18
Latihan 1	19
BAB II Virus	21
A. Ciri-Ciri dan Struktur Virus	25
B. Cara Virus Hidup dan Berkembang Biak	25
C. Daur Infeksi dan Reproduksi Virus	27
D. Peranan Virus dalam Kehidupan	29
Rangkuman	33
Latihan 2	33
BAB III Eubacteria dan Archaeobacteria	35
A. Eubacteria	37
B. Cyanobacteria	49
C. Archaeobacteria	51
Rangkuman	52
Latihan 3	53
BAB IV Protista	55
A. Protista Menyerupai Hewan	57
B. Protista Menyerupai Tumbuhan	63
C. Protista Menyerupai Jamur	70
Rangkuman	74
Latihan 4	74
BAB V Fungi/Jamur	77
A. Ciri-Ciri dan Struktur Jamur	79
B. Perkembangbiakan Jamur	81
C. Klasifikasi Jamur	83

D. Lumut Kerak	91
Rangkuman	92
Latihan 5	92
Latihan Semester 1	95
<i>Semester II</i>	
BAB VI Keanekaragaman Hayati	101
A. Tingkat Keanekaragaman Hayati	103
B. Keanekaragaman Hayati di Indonesia	108
C. Manfaat Keanekaragaman Hayati	111
D. Pelestarian Sumber Daya Alam	112
E. Klasifikasi Keanekaragaman Hayati	115
Rangkuman	119
Latihan 6	119
BAB VII Regnum Plantae	121
A. Tumbuhan Lumut	124
B. Tumbuhan Paku	127
C. Tumbuhan Berbiji (Spermatophyta)	131
Rangkuman	137
Latihan 7	137
BAB VIII Kingdom Animalia	139
A. Ciri-Ciri Kingdom Animalia	141
B. Klasifikasi Kingdom Animalia	142
Rangkuman	175
Latihan 8	176
BAB IX Ekosistem	179
A. Komponen Penyusun Ekosistem	181
B. Interaksi Antarkomponen Ekosistem	185
C. Jenis-Jenis Ekosistem	188
D. Perubahan Ekosistem	194
E. Rantai Makanan	196
F. Daur Biogeokimia	200
G. Pencemaran dan Pelestarian Alam	201
Rangkuman	210
Latihan 9	211
Latihan Semester 2	214
Glosarium	219
Daftar Pustaka	223
Indeks	224

Semester

I



semester
gasal

BAB

I

Ruang Lingkup Biologi

Pada bab ini kamu akan mempelajari ruang lingkup biologi dan mendeskripsikan objek dan permasalahan biologi pada berbagai tingkat organisasi kehidupan. Setelah mempelajari bab ini diharapkan kamu dapat memahami tentang hakikat biologi sebagai ilmu.

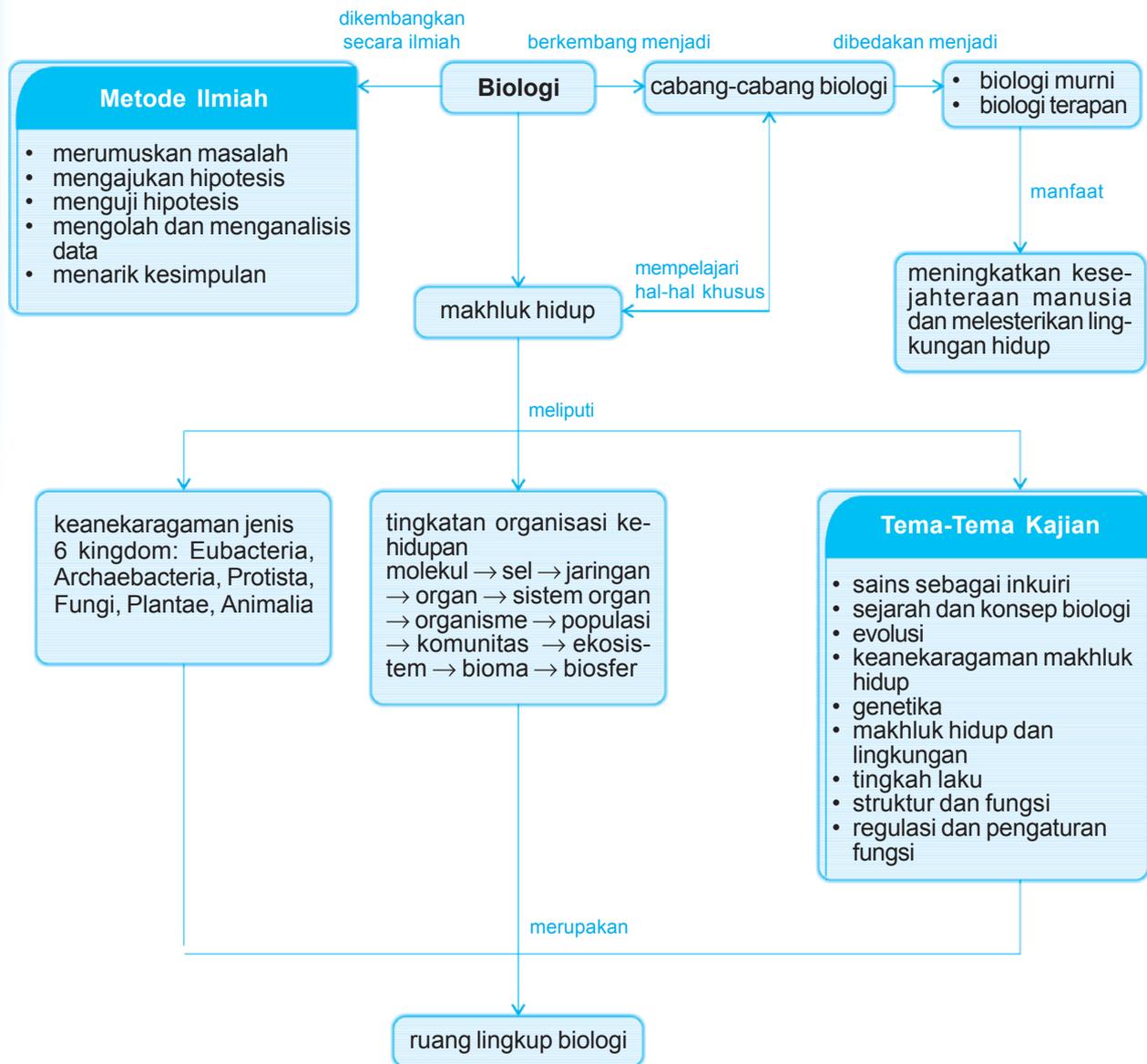
Kata kunci:

organisme, keanekaragaman, organisasi, ilmiah



Peta Konsep

peta konsep



Tahukah kamu ada berapa jenis makhluk hidup yang ada di Bumi? Pada saat ini diperkirakan sebanyak 1,7 juta jenis makhluk hidup yang telah diidentifikasi. Namun makhluk hidup yang belum diteliti masih lebih banyak lagi, diperkirakan lebih dari 5 juta bahkan mendekati 100 juta jenis. Semua jenis makhluk hidup merupakan objek kajian biologi. Bagaimanakah perkembangan biologi? Apa saja yang menjadi kajian dalam biologi?

Kata biologi berasal dari bahasa Yunani *bios* yang berarti hidup dan *logos* yang berarti ilmu. Jadi biologi merupakan ilmu yang mempelajari makhluk hidup dan proses-proses vitalnya yang meliputi aspek fisik maupun kimia. Istilah biologi mula-mula diperkenalkan di Jerman pada tahun 1800 dan dipopulerkan oleh naturalis Prancis **Jean-Baptiste de Lamarck** untuk menyebut sekelompok ilmu yang sedang berkembang yang kesemuanya mempelajari bentuk-bentuk kehidupan. Pendapat ini didukung oleh seorang ahli zoologi Inggris, **Thomas Henry Huxley** yang mengemukakan bahwa semua bentuk kehidupan tidak boleh dipelajari secara terpisah, melainkan harus dalam satu disiplin ilmu yaitu biologi.

Biologi merupakan kumpulan pengetahuan yang lahir dan berkembang sebagai respons manusia terhadap gejala-gejala, kejadian, dan masalah alam misalnya keanekaragaman makhluk hidup, makanan, kesehatan, penyakit, kerusakan alam, dan sebagainya. Biologi menjadi bagian dari kelompok IPA (Ilmu Pengetahuan Alam/sains) yang terus menerus berkembang.

A

Perkembangan Biologi

Biologi berkembang karena rasa ingin tahu manusia dalam merespons gejala-gejala alam. Biologi merupakan ilmu yang paling tua di bumi. Kamu tentu memahami bahwa manusia pertama harus mempunyai pengetahuan yang baik mengenai hewan dan tumbuhan di sekitarnya. Mereka harus mengerti tanaman apa yang aman dimakan dan yang beracun, hewan apa yang aman diburu dan hewan buas. Bahkan sebelum manusia purba hidup menetap, mereka telah mulai menjinakkan hewan dan bercocok tanam. Dalam kegiatan ini mereka mulai mengamati jenis-jenis makhluk hidup dan lingkungannya.

Petunjuk sejarah perkembangan biologi dapat diperoleh dari situs Assyria dan Babilonia (tahun 3500 SM). Dari gambar-gambar dan sisa-sisa peninggalan sejarah, diketahui bahwa penduduk Assyria dan Babilonia telah bercocok tanam dan mengenal ilmu pengobatan. Mereka telah mengetahui reproduksi tanaman palem dan menunjukkan bahwa pollen berasal dari tanaman jantan yang digunakan untuk menyerbuki tanaman betina. Mereka juga mulai mempelajari anatomi untuk tujuan pengobatan.

Bangsa Mesir mulai mempraktikkan biologi dan ilmu pengobatan sejak tahun 2000 SM. Kamu tentu ingat kebiasaan mereka mengawetkan mayat (mumi) dengan ramuan sejenis balsam yang dibuat dari tumbuh-tumbuhan. Bagaimana mungkin mereka dapat melakukannya tanpa pengetahuan yang baik mengenai tumbuh-tumbuhan. Bangsa Cina kuno juga telah mengenal berbagai tanaman obat sejak 2800 tahun SM. Selain telah membudidayakan ulat sutra untuk menghasilkan



Gambar 1.1 Hewan dan tumbuhan merupakan jenis makhluk hidup yang menjadi kajian dalam biologi.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 1.2 Reruntuhan bangsa Assyria yang menunjukkan pengetahuan mereka tentang ilmu biologi.

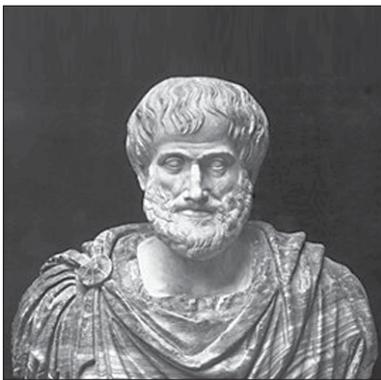
Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Bio Info

Ciri-Ciri Sains

Biologi merupakan cabang dari IPA (sains) yang mempelajari makhluk hidup. Ciri-ciri sains adalah sebagai berikut.

- Objek kajian berupa hal-hal yang konkret, objek kajian biologi adalah makhluk hidup.
- Dikembangkan berdasarkan pengalaman empiris, yaitu pengalaman yang nyata yang dapat dilakukan oleh setiap orang.
- Menggunakan cara berpikir yang logis, yaitu kesimpulan diambil berdasarkan prinsip-prinsip berpikir logis.
- Memiliki langkah kerja yang sistematis, sehingga kebenarannya dapat dipertanggungjawabkan.
- Hasil kajian bersifat objektif, yaitu apa adanya dan sesuai dengan kenyataan tanpa dipengaruhi kepentingan peneliti.
- Hasilnya berupa teori atau hukum yang bersifat universal yang berlaku umum di mana saja.



Gambar 1.3 Aristoteles, filsuf Yunani yang berjasa mengembangkan biologi.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

kain sutra, mereka juga telah mengenal berbagai jenis serangga, termasuk perkembangbiakan dan cara-cara memberantas serangga. Reruntuhan di Mohenjodaro menunjukkan bahwa sejak 2500 SM penduduknya telah mengenal pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangan dan sandang. Mereka bercocok tanam gandum, barlei, kapas, sayuran, melon, dan buah-buahan lain. Sebuah dokumen yang ditemukan pada situs peninggalan bersejarah itu menunjukkan bahwa mereka telah memanfaatkan sekitar 960 jenis tanaman untuk pengobatan. Dokumen itu juga berisi berbagai informasi tentang anatomi, fisiologi, patologi, dan ilmu bedah.

Meskipun bangsa Babilonia, Assyria, Mesir, Cina, dan India kuno telah mengenal biologi, kebanyakan pengetahuan itu selalu dikaitkan dengan hal-hal yang bersifat supranatural. Contohnya adalah mereka membedah hewan bukan untuk mengetahui struktur organ, tetapi untuk meramal masa depan atau memberi persembahan kepada dewa. Biologi yang dipelajari sebagai ilmu pengetahuan dimulai oleh bangsa Yunani. Ahli filsafat Yunani mempercayai bahwa setiap kejadian mempunyai sebab dan akibat. Hukum yang disebut hukum kausalitas ini telah mendorong dilakukannya berbagai penyelidikan ilmiah. Mereka juga mempercayai hukum alam yang mengatur kehidupan yang dapat dipelajari manusia karena kemampuannya dalam mengamati dan mengambil keputusan. Sejak saat itu biologi mulai dikembangkan secara rasional. Ilmuwan Yunani kuno yang telah berjasa mengembangkan biologi antara lain Thales, Anaximander, Hippocrates, Aristoteles, dan Theophrastus.

Aristoteles yang hidup pada pertengahan abad ke-4 SM memberi perhatian yang besar terhadap berbagai ilmu termasuk biologi. Aristoteles memperkenalkan dasar-dasar taksonomi yang masih dipakai hingga saat ini. Beliau mengelompokkan hewan menjadi hewan berdarah dan hewan tidak berdarah. Hewan berdarah mencakup kelompok mamalia, burung, amfibi, reptil, dan ikan. Hewan tak berdarah dibagi menjadi kelompok Cephalopoda, udang-udangan, serangga, dan Testacea yang terdiri dari hewan-hewan kecil. Penelitiannya yang lain menunjukkan bahwa hewan mempunyai paru-paru, bernapas dengan udara, berdarah panas (suhu tubuh tetap meskipun suhu lingkungan berubah), dan menghasilkan keturunan. Temuan Aristoteles yang penting adalah pengetahuan tentang reproduksi dan hereditas, termasuk teori abiogenesis yang menyatakan bahwa asal-usul kehidupan berasal dari benda tak hidup atau *generatio spontanea* yang dipercayai begitu saja oleh bangsa Yunani pada saat itu. Aristoteles juga berpendapat bahwa semua makhluk hidup mempunyai struktur dan fungsi yang disesuaikan dengan perilaku dan habitatnya. Dalam klasifikasi hewan beliau menyarankan untuk menggunakan struktur eksternal sebagai dasar pengelompokan serta menunjukkan pentingnya struktur homologi dan analogi organ-organ hewan yang menjadi dasar perkembangan ilmu anatomi komparatif.

Di wilayah Arab, biologi mengalami kemajuan pesat berkat sumbangan pemikiran para ahli seperti Al Jahiz yang menuliskan pengetahuannya tentang binatang dan Ibnu Sina yang banyak berjasa mengembangkan ilmu kedokteran, obat, dan pengobatan. Pada abad ke-12 pengetahuan tentang tumbuhan disatukan menjadi botani dan dipisahkan dari pengetahuan yang mempelajari hewan, perburuan, dan ilmu bedah (disebut zoologi). Perkembangan biologi selanjutnya terjadi di berbagai bangsa dan melahirkan tokoh-tokoh seperti Leonardo da Vinci, Otto Brunfels, Leonhard Fuchs, Pierre Belon, dan sebagainya.

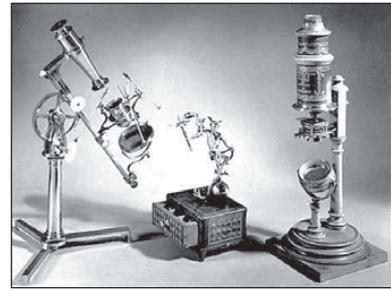
Ketika mikroskop ditemukan oleh Leeuwenhoek pada abad ke-17, dimulailah kajian biologi dengan objek yang berukuran mikroskopis yaitu sel dan mikroorganisme. Sejak saat itu perkembangan biologi mengalami kemajuan yang pesat, ditunjukkan dengan berkembangnya teori-teori kehidupan yang baru dan munculnya cabang-cabang biologi yang baru seperti embriologi dan mikrobiologi. Tokoh-tokoh yang berjasa mengembangkan biologi pada saat itu adalah Robert Hooke, Francisco Redi, Lazzaro Spallanzani, dan Louis Pasteur.

Karena makhluk hidup yang ditemukan semakin banyak, John Ray dan Carolus Linnaeus pada abad ke-17 dan 18 mengusulkan suatu sistem klasifikasi yang bersifat universal, dapat berlaku baik untuk hewan maupun tumbuhan. Mereka memperkenalkan sistem klasifikasi baru berdasarkan takson-takson. Sistem klasifikasi inilah yang digunakan sebagai rujukan sistem klasifikasi modern.

Ketekunan dan keuletan para ahli telah mengembangkan biologi menjadi ilmu modern yang maju dan cakupan yang luas. Perkembangan biologi tidak terlepas dari perkembangan ilmu yang lain seperti kimia dan fisika. Ketika ditemukan peralatan yang lebih canggih seperti mikroskop elektron dan metode analisis yang lebih sensitif pada abad ke-19, kajian biologi menjadi semakin luas karena objek biologi mulai dikaji secara molekuler. Biologi memberikan sumbangan yang penting bagi kesejahteraan manusia karena biologi mendasari perkembangan ilmu terapan seperti pertanian, peternakan, kedokteran, kesehatan, industri, farmasi, dan sebagainya.

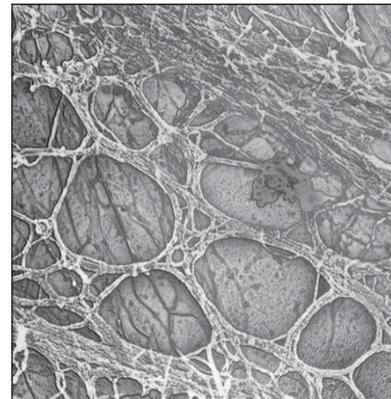
Tugas 1.1

Biologi yang kamu pelajari saat ini berkembang secara bertahap. Pada setiap periode muncul tokoh-tokoh yang memperkenalkan teori-teorinya dan pada periode berikutnya muncul tokoh-tokoh lain yang membawa teori-teori baru, baik mendukung atau menolak teori dari tokoh-tokoh pada masa sebelumnya. Buatlah periodisasi sederhana yang menggambarkan perkembangan biologi beserta tokoh-tokoh dan teori yang dikemukakannya. Buatlah uraian yang menunjukkan hubungan antara perkembangan teori dengan perkembangan biologi.



Gambar 1.4 Mikroskop yang banyak digunakan para ilmuwan pada abad ke-17.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 1.5 Dengan mikroskop elektron, ultrastruktur sel berupa sitoskeleton dapat diamati dengan jelas.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

B

Cabang-Cabang Biologi

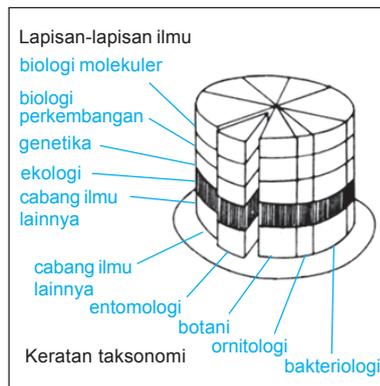
Biologi merupakan ilmu yang luas, sehingga dibagi menjadi cabang-cabang berdasarkan objek yang dipelajarinya. Untuk menyederhanakan, biologi dibedakan menjadi beberapa kajian yaitu kajian tingkat molekuler, sel, organisme, dan populasi. Biologi molekuler menjadi dasar bagi perkembangan. Berkat jasanya, kamu dapat memahami struktur dan fungsi molekul-molekul penyusun tubuh seperti asam nukleat dan protein, termasuk mekanisme pewarisan sifat pada semua makhluk hidup. Jasa penting yang lain adalah pengetahuan tentang proses metabolisme sehingga kamu dapat memahami bagaimana energi dihasilkan dan digunakan pada sistem kehidupan.

Biologi sel berkaitan erat dengan biologi molekuler. Sel merupakan unit dasar kehidupan, untuk mempelajari struktur dan fungsi sel, ahli biologi mempelajari komponen-komponen sel pada tingkat molekuler. Biologi sel merupakan kajian yang penting karena fungsi-fungsi kehidupan pada organisme multiseluler merupakan perwujudan dari pertumbuhan, aktivitas, dan interaksi sel. Pemahaman biologi sel diperlukan untuk mempelajari ilmu yang lain seperti fisiologi, biologi perkembangan, neurofisiologi, sitogenetika, etiologi, dan sebagainya.

Biologi tingkat organisme mempelajari jenis-jenis makhluk hidup dengan segala aspek kehidupannya. Objek biologi yang dipelajari pada tingkat organisme semakin banyak, sehingga berkembang disiplin ilmu yang mempelajari organisme tertentu secara mendalam. Contohnya adalah ornitologi (mempelajari burung), iktiologi (mempelajari ikan), herpetologi (mempelajari amfibia dan reptil), protozoologi (mempelajari hewan satu sel/protozoa), mikologi (mempelajari jamur), entomologi (mempelajari serangga), antropologi fisik (mempelajari manusia), dan sebagainya.

Peranan organisme dalam lingkungan juga menjadi perhatian tersendiri bagi ahli biologi, sehingga muncul cabang-cabang ilmu seperti ekologi, biologi laut, biologi populasi, genetika populasi, biologi tanaman akuatik, biologi hewan akuatik, evolusi, sosiobiologi, dan sebagainya. Dan ketika kegiatan manusia menimbulkan pencemaran yang mempengaruhi seluruh aspek kehidupan, berkembang cabang ilmu yang baru yaitu pencemaran lingkungan.

Dewasa ini terdapat kecenderungan baru untuk mempelajari bidang ilmu yang sempit namun dikaji secara mendalam. Sebagai contoh adalah dari biologi sel berkembang beberapa cabang ilmu seperti sitotaksonomi, sitogenetika, fisiologi sel, sitokimia, sitopatologi, dan sitoekologi. Tidak menutup kemungkinan cabang biologi yang masih luas seperti biofisika, biokimia, genetika, dan ekologi akan berkembang menjadi beberapa kajian ilmu yang lebih sempit. Perhatikan beberapa cabang biologi pada **Tabel 1.1**.



Gambar 1.6 “Kue lapis” Biologi, menggambarkan pembagian mendatar (dasar) dan tengah (taksonomi).

Sumber: *Prinsip-Prinsip Ekologi dan Organisasi Ekosistem, Komunitas, dan Lingkungan, 2003*

Bio Info

Ciri-Ciri Makhluk Hidup

Objek kajian biologi adalah makhluk hidup. Setiap makhluk hidup mempunyai ciri-ciri berupa gejala-gejala hidup yang membedakannya dengan makhluk tak hidup dan benda mati. Ciri-ciri makhluk hidup antara lain memerlukan nutrisi, melakukan metabolisme (bernapas, ekskresi, dan sebagainya), melakukan gerak dan transportasi, iritabilitas, dapat beradaptasi, reproduksi, tumbuh dan berkembang, memiliki susunan tubuh tertentu.

Tabel 1.1 Cabang-cabang biologi

No.	Cabang Biologi	Hal-Hal yang Dipelajari
1.	Botani	Tumbuh-tumbuhan dengan segala aspeknya.
2.	Zoologi	Binatang dengan segala aspek kehidupannya.
3.	Anatomi	Struktur tubuh internal makhluk hidup.
4.	Morfologi	Struktur luar makhluk hidup.
5.	Sitologi	Struktur dan fungsi sel.
6.	Embriologi	Perkembangan embrio.
7.	Fisiologi	Fungsi kerja komponen-komponen tubuh.
8.	Genetika	Substansi genetik dan hereditas.
9.	Mikrobiologi	Kehidupan mikroorganisme.
10.	Mikologi	Jamur dan peranannya dalam kehidupan.
11.	Paleontologi	Fosil dan hubungannya dengan sejarah bumi.
12.	Ekologi	Hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungannya.
13.	Taksonomi	Pengelompokan makhluk hidup menjadi takson-takson.
14.	Evolusi	Perkembangan makhluk hidup dari bentuk yang sederhana hingga bentuk yang rumit.
15.	Virologi	Virus dan peranannya terhadap makhluk hidup yang lain.
16.	Iktiologi	Ikan dan peranannya bagi kehidupan.
17.	Ornitologi	Burung dan peranannya bagi kehidupan.
18.	Histologi	Struktur dan fungsi jaringan tubuh.
19.	Biologi molekuler	Struktur dan fungsi molekul/senyawa penyusun kehidupan dan interaksinya.
20.	Biologi populasi	Interaksi antara populasi hewan dan tumbuhan dengan lingkungannya.

Tugas 1.2

Coba kamu sebutkan cabang-cabang biologi yang lain beserta ruang lingkup yang dipelajarinya. Tunjukkan pula kemungkinan-kemungkinan berkembangnya cabang ilmu yang baru dari suatu cabang ilmu yang sekarang kamu ketahui.

C

Ruang Lingkup dan Manfaat Biologi

Banyaknya cabang biologi menunjukkan luasnya ruang lingkup biologi. Tahukah kamu apa saja yang dipelajari dalam biologi? Kajian biologi sangat luas, meliputi semua makhluk hidup dari tingkat biosfer, individu, hingga tingkat molekuler. Tahukah kamu, ada berapa banyak makhluk hidup yang ada di bumi dan ada berapa kingdom dalam sistem klasifikasi terbaru? Sistem klasifikasi terbaru yang diusulkan **Carl Woese** pada tahun 1977 membagi makhluk hidup menjadi 6 kingdom yaitu Eubacteria, Archaeobacteri, Protista, Fungi, Plantae, dan Animalia. Sebelumnya **Robert Whittaker** pada tahun 1969 mengelompokkan

mahluk hidup menjadi 5 kingdom yaitu Monera, Protista, Fungi, Plantae, dan Animalia. Dalam buku ini kamu mengikuti sistem klasifikasi enam kingdom seperti yang diusulkan oleh Carl Woese.

Semua makhluk hidup beserta lingkungan yang berupa air, udara, tanah, dan materi membentuk lapisan kehidupan di muka bumi. Keseluruhan sistem ini disebut biosfer. Dalam biosfer antara makhluk hidup yang satu dengan yang lain saling berinteraksi, demikian juga antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Biosfer terdiri atas beberapa bioma. Bioma merupakan ekosistem dalam skala besar yang didalamnya terjadi interaksi iklim dengan biota setempat. Contoh bioma yang terdapat di bumi antara lain bioma tundra, taiga, hutan gugur, hutan hujan tropis, padang rumput, gurun, bioma air tawar, dan bioma air laut. Di dalam sebuah bioma terdapat beberapa ekosistem. Organisme-organisme yang terdapat dalam suatu ekosistem membentuk populasi-populasi yang saling berinteraksi. Dalam interaksi ini terbentuk berbagai daur kehidupan, bermacam-macam simbiosis, daur materi, aliran energi, rantai makanan, dan sebagainya. Kamu akan mempelajari interaksi antara organisme satu dengan yang lain dan interaksi organisme dengan lingkungan dalam ekologi.

Usaha manusia untuk memenuhi kebutuhannya berdampak terhadap keseimbangan lingkungan. Contohnya ketika diperkenalkan revolusi hijau, penggunaan pupuk yang meningkat menimbulkan akibat buruk berupa pencemaran air dan tanah sehingga di beberapa tempat muncul eutrofikasi, yaitu pengayaan nutrisi pada air sehingga ganggang tumbuh sangat cepat menutupi perairan yang menghabiskan persediaan oksigen dalam air sehingga ikan-ikan di perairan itu mati. Demikian juga revolusi industri memberi akibat samping yang negatif yaitu menimbulkan berbagai pencemaran. Dan jangan lupa bahwa campur tangan manusia terhadap kehidupan liar juga telah membawa berbagai dampak buruk terhadap keseimbangan alam dan ancaman kepunahan beberapa jenis makhluk hidup. Jadi tema permasalahan yang terkait dengan biologi lingkungan semakin kompleks sekaligus menghasilkan berbagai alternatif pemecahan masalah, misalnya dikenalkannya kultur jaringan untuk mengembangkan tanaman langka dan inseminasi buatan untuk membantu perkembangbiakan hewan langka yang tingkat reproduksinya rendah.

Makhluk hidup sebagai bahan kajian utama dalam biologi terdiri atas bermacam-macam jenis. Masing-masing jenis memiliki alat-alat tubuh yang bervariasi baik alat tubuh internal maupun eksternal. Alat-alat ini merupakan sistem organ yang tersusun atas organ-organ yang saling bekerjasama untuk melakukan fungsi tertentu. Kamu tentu telah mengerti bahwa organ tersusun atas jaringan-jaringan dan jaringan terdiri dari sel-sel yang memiliki bentuk dan fungsi yang sama. Pada organisme uniseluler, sebuah sel merupakan satu individu yang berarti bahwa sel itu melakukan semua aktivitas kehidupannya. Semua tatanan dari individu hingga sel ini juga menjadi objek kajian biologi. Pada tingkatan ini kamu mempelajari struktur, fungsi, dan organisasi komponen-komponen penyusun makhluk hidup.



Gambar 1.7 Makhluk hidup dengan lingkungannya saling berinteraksi membentuk suatu ekosistem.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Perhatikan lagi bahwa organisme yang sangat beraneka ragam ternyata memiliki struktur dasar sel yang sama yaitu terdiri atas sitoplasma, organel-organel, sistem membran, dan inti sel kecuali pada sel-sel prokariotik. Pernahkah kamu berpikir, mengapa dengan struktur sel yang sama membentuk jaringan, organ, dan organisme yang berbeda-beda? Inilah keagungan Tuhan. Tuhan telah mengatur agar sel-sel mempunyai struktur yang sama dapat membentuk organisme yang berbeda-beda karena pengorganisasian dan pengontrol metabolisme pada sel itu berbeda-beda. Apa yang mengatur dan mengontrol metabolisme di dalam sel? Pertanyaan inilah yang mendorong para ahli untuk mempelajari senyawa dan molekul-molekul yang menyusun sel. Pada tingkat molekuler ini biologi mempelajari struktur, fungsi, dan peranan molekul-molekul yang mendukung sistem kehidupan, misalnya ADN, ARN, protein, lemak, dan karbohidrat dalam sistem hidup.

Apa manfaat mempelajari biologi? Biologi merupakan ilmu murni yang mendasari perkembangan di bidang pertanian, peternakan, kedokteran, kesehatan, industri, farmasi, dan lingkungan. Berikut ini beberapa sumbangan biologi bagi kesejahteraan manusia.

- Membantu menemukan dan mengembangkan berbagai bahan makanan, pakaian, peralatan, dan energi sehingga dapat menghindarkan manusia dari krisis pangan dan energi.
- Membantu mengidentifikasi penyebab berbagai penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan beserta cara menanggulunginya.
- Membantu memahami berbagai proses kehidupan seperti metabolisme, cara pewarisan sifat, daur energi, jaring-jaring makanan, dan sebagainya.
- Membantu mengkaji permasalahan lingkungan dan upaya-upaya untuk melestarikan lingkungan hidup.

Tugas 1.3

- Kemajuan teknologi telah mendorong umat manusia untuk mempelajari kemungkinan adanya kehidupan di luar Bumi. Kamu pasti pernah mendengar berita peluncuran wahana antariksa yang mencoba mencari bentuk-bentuk kehidupan di luar bumi. Sebagai wadah yang mengkaji masalah itu sekarang telah berkembang cabang ilmu yang baru yaitu biologi luar angkasa. Seandainya suatu saat nanti wahana antariksa yang diluncurkan mendapatkan sinyal-sinyal adanya kehidupan di luar bumi, apa yang akan menjadi tema permasalahan dan peran biologi terkait dengan penemuan itu? Tuliskan jawabanmu dalam sebuah karangan ilmiah dan kumpulkan sebagai tugas portofolio.
- Carilah informasi tanaman dan hewan dari varietas unggul yang telah menghindarkan manusia dari ancaman kekurangan pangan dan bahan mentah. Sebutkan pula keunggulan masing-masing varietas.



Gambar 1.8 Biologi berperan dalam pengembangan ilmu kedokteran.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Bio Info

Mikroskop

Mikroskop sangat berguna dalam penelitian biologi, yaitu untuk membantu mengamati benda-benda yang sangat kecil seperti mikroorganisme dan bagian-bagian sel. Mikroskop pertama digunakan Leeuwenhoek untuk mengamati mikroorganisme. Mikroskop ini berlensa tunggal dengan perbesaran hingga 300 kali. Mikroskop optik modern menggunakan dua lensa atau lebih dengan perbesaran mencapai 2.000 kali atau lebih. Saat ini telah dikembangkan berbagai mikroskop optik untuk tujuan khusus, antara lain, mikroskop stereoskopik, mikroskop fotografi, mikroskop ultraviolet, mikroskop petrografi, mikroskop bidang gelap, mikroskop fase, dan yang terbaru mikroskop bidang dekat. Mikroskop elektron menggunakan gelombang elektron untuk membentuk bayangan yang diperbesar hingga satu juta kali.

D

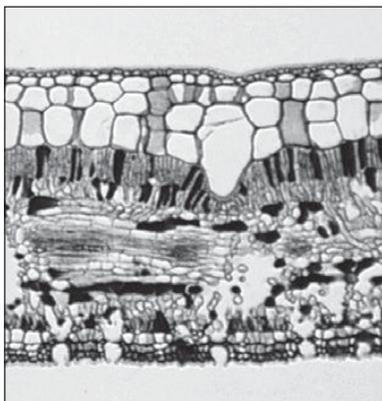
Organisasi Kehidupan

Kamu pasti telah mengerti bahwa semua zat tersusun atas atom-atom. Atom-atom membentuk molekul dan saling berikatan membentuk senyawa. Demikian juga organisme tersusun atas molekul-molekul yang saling berinteraksi dengan rumit membentuk kehidupan. Semua makhluk hidup terdiri atas sel dan sel tersusun atas molekul-molekul. Sebagai contoh membran sel dan sistem membran dalam plasma tersusun atas protein, lemak, dan karbohidrat; protoplasma tersusun dari molekul-molekul air yang didalamnya terlarut berbagai zat organik (enzim, protein, lemak, karbohidrat, alkaloid) dan zat anorganik (garam-garam mineral); dan kromosom tersusun atas rangkaian polinukleotida yang terdiri atas gula deoksiribosa, fosfat, dan basa nitrogen yang membentuk ADN. Sel merupakan unit terkecil dari makhluk hidup. Semua kegiatan hidup organisme adalah perwujudan dari proses-proses metabolisme dan reproduksi sel. Oleh karena itu sel mempunyai perangkat-perangkat untuk melaksanakan fungsi-fungsi ini yang berupa organel sel, sistem membran, dan plasma sel.

Pada organisme uniseluler sebuah sel merupakan satu individu. Jadi organisme itu melaksanakan segala aktivitasnya, misalnya melakukan respirasi, mencerna makanan, dan berkembang biak. Pada organisme multiseluler sel-sel mengalami diferensiasi dan spesialisasi untuk melakukan fungsi atau membentuk struktur tertentu dalam suatu jaringan. Jadi jaringan adalah sekelompok sel yang mempunyai bentuk yang sama dan mempunyai fungsi yang sama. Jaringan dapat dibedakan berdasarkan letak dan fungsinya, misalnya jaringan epidermis merupakan lapisan sel-sel yang terletak paling luar, jaringan pengangkut pada tumbuhan tersusun atas xilem yang mengangkut air dan floem yang mengangkut hasil fotosintesis.

Jaringan merupakan organisasi sel, namun suatu jaringan saja belum dapat mendukung fungsi yang lebih besar tanpa bekerjasama dengan jaringan lain. Misalnya jaringan parenkim palisade pada daun punya banyak klorofil yang berfungsi sebagai tempat untuk fotosintesis. Jaringan ini tidak dapat bekerja bila tidak ada jaringan pengangkut (xilem) yang membawa air dan garam mineral dari dalam tanah. Parenkim palisade juga membutuhkan jaringan epidermis yang berfungsi sebagai lapisan pelindung dan pengatur keluar masuknya udara melalui stomata yang terdapat padanya. Demikian seterusnya setiap jaringan saling bekerjasama untuk melakukan fungsi yang lebih kompleks membentuk organ. Misalnya arteri tersusun atas jaringan ikat, otot polos, dan endotelium. Daun tersusun atas jaringan parenkim palisade, parenkim spons, jaringan pengangkut, dan jaringan epidermis.

Beberapa organ bersatu membentuk sistem organ dan sistem-sistem organ membentuk organisme atau individu. Sebagai contoh sistem pernapasan tersusun atas laring, trakea,



Gambar 1.9 Organ daun tersusun atas berbagai macam jaringan.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

bronkus, dan paru-paru; sistem pencernaan tersusun atas mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, dan anus. Perhatikan berapa sistem organ yang menyusun tubuh manusia pada **Tabel 1.2**.

Tabel 1.2 Berbagai sistem organ pada manusia.

No.	Sistem Organ	Organ Penyusun	Fungsinya
1.	Pencernaan makanan (digesti)	mulut, lambung, hati, empedu, pankreas, usus, lain-lain	mencerna makanan agar dapat diserap oleh tubuh
2.	Peredaran darah dan limfe (sirkulasi/transportasi)	jantung, nadi, vena, kelenjar limfe	mengedarkan atau mengangkut zat serta melindungi tubuh dari bibit penyakit
3.	Pernapasan (respirasi)	hidung, laring, tenggorok, paru-paru	menyuplai oksigen, mengeluarkan zat sampah (CO ₂ dan uap air)
4.	Pengeluaran (ekskresi)	ginjal, kandung kemih, ureter, kulit	mengeluarkan zat sampah, menjaga keseimbangan cairan di sekitar sel
5.	Perkembangbiakan (reproduksi)	testis, ovarium, uterus, vesika seminalis, dan lain-lain	perkembangbiakan dan melindungi dari kepunahan jenisnya
6.	Rangka (skeleton)	tengkorak, tulang belakang, tulang rusuk, anggota gerak	perlindungan dan penunjang tempat melekat otot, alat gerak pasif
7.	Otot	otot dan tendon	alat gerak aktif
8.	Saraf	otak, sumsum tulang belakang, serabut saraf, simpul saraf, alat indera	merespons perubahan lingkungan, mengontrol tingkah laku, mengatur fungsi organ tubuh
9.	Hormon (endokrin)	tiroid, hipofisis, adrenal, pankreas, dan lain-lain	sebagai kontrol kimia (urin), mengatur fungsi organ tubuh

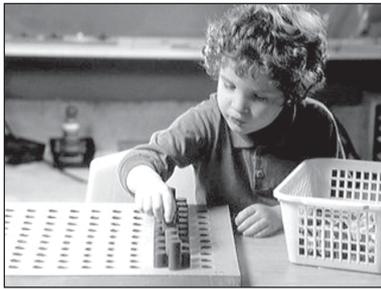
Setiap organisme dapat melakukan fungsi-fungsi kehidupan seutuhnya. Tapi ingat bahwa kehidupan suatu organisme tidak dapat terlepas dari lingkungannya, baik lingkungan biotik maupun lingkungan abiotik. Contohnya jika keadaan udara panas, kamu akan merasa haus dan minum. Jika teman sebangkumu marah dan mengajak bertengkar tentu kamu akan merasa tidak nyaman. Tanaman yang hidup di lingkungan cukup air dan unsur hara akan tumbuh subur, namun sebaliknya jika hidup di lingkungan yang gersang akan tumbuh lambat dengan daun-daun yang kecil dan kerdil. Jadi setiap individu selalu akan berinteraksi dengan lingkungannya. Individu-individu saling berinteraksi dengan individu yang sejenis membentuk populasi. Beberapa populasi berkumpul dan saling berinteraksi dalam lingkungan yang sesuai membentuk ekosistem. Beberapa ekosistem membentuk bioma dan keseluruhan bioma yang ada di bumi membentuk biosfer.

Tugas 1.4

Uraikan dengan kata-katamu sendiri organisasi kehidupan yang menyusun seekor belalang dari tingkat molekuler hingga biosfer.

E

Metode Ilmiah



Gambar 1.10 Setiap makhluk hidup mempunyai rasa ingin tahu. Rasa ingin tahu mendorong anak kecil bermain, mengamati, dan meniru.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Ingat kembali uraian di depan bahwa perkembangan biologi didasari oleh rasa ingin tahu. Ternyata sifat ingin tahu tidak hanya dimiliki oleh manusia, tetapi juga oleh makhluk hidup yang lain. Tumbuhan menunjukkan gejala tumbuh dan berkembang dengan gerakan yang terbatas, misalnya akar bergerak (tumbuh) ke tempat yang mengandung banyak air dan mineral. Batang tumbuh ke atas yang memungkinkan daun memperoleh sinar matahari sebanyak-banyaknya. Hewan yang mempunyai kemampuan bergerak yang lebih leluasa, keingintahuannya bersifat insting yang bertujuan untuk mempertahankan kelestarian hidupnya. Dengan insting itu hewan merasa perlu mencari makan, melindungi diri, dan berkembang biak. Misalnya ikan bergerak karena ingin tahu apakah di daerah lain terdapat cukup makanan, cukup aman dari ancaman predator, sehingga cukup layak untuk berkembang biak.

Manusia selain mempunyai insting juga dikaruniai kemampuan berpikir yang terus berkembang sepanjang zaman. Kemampuan berpikir itu mendorong manusia selalu ingin tahu segala sesuatu, apa dan bagaimana. Hal ini menyebabkan manusia dapat menggunakan pengetahuan yang dahulu dan mengombinasikan dengan pengetahuan sekarang sehingga menghasilkan pengetahuan yang baru. Contohnya manusia purba memenuhi kebutuhan hidupnya dengan berburu dan meramu. Karena kemampuan berpikir dan keinginannya untuk hidup lebih enak dan semua kebutuhannya terpenuhi, manusia modern melakukan budidaya tanaman, memelihara ternak, bahkan mendirikan industri-industri. Bandingkan dengan harimau dan buaya, dari zaman dahulu hingga sekarang selalu berburu untuk memenuhi kebutuhan makanan. Demikianlah rasa ingin tahu manusia berkembang terus menerus yang menimbulkan perbendaharaan pengetahuan.

Sebelum ditemukan metode ilmiah, pengetahuan diperoleh dengan berbagai cara yaitu prasangka, intuisi, dan coba-coba (*trial and error*). Prasangka merupakan pengetahuan yang didasarkan pada anggapan-anggapan yang diyakini kebenarannya namun belum tentu anggapan itu benar. Intuisi merupakan pengetahuan yang didasarkan pada pendapat seseorang yang didasarkan pada pengetahuannya yang terdahulu melalui proses yang tidak disadari, muncul begitu

Bio Info

Jenis-Jenis Penelitian

Penelitian dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan tujuan, sifat, dan pelaksanaannya. Berdasarkan tujuannya, penelitian dibedakan menjadi penelitian dasar dan penelitian terapan. Selain itu juga terdapat penelitian pengembangan untuk menyempurnakan suatu proses atau produk dan penelitian verifikatif untuk menguji kebenaran hasil suatu penelitian. Berdasarkan sifatnya terdapat penelitian historis, deskriptif, eksploratif, dan percobaan atau eksperimen. Berdasarkan pelaksanaannya terdapat penelitian lapangan, penelitian laboratorium, dan telaah pustaka.

saja sehingga kebenarannya sukar dibuktikan meskipun kadang-kadang masuk akal dan sesuai dengan kenyataan. Sedangkan *trial and error* merupakan pengetahuan yang diperoleh setelah melakukan coba-coba atau untung-untungan.

Pengetahuan yang diperoleh dengan cara-cara tersebut tidak relevan lagi dengan keadaan dan kebutuhan sekarang karena kebenarannya tidak dapat dibuktikan secara ilmiah. Lalu, tahukah kamu bagaimanakah pengetahuan yang ilmiah itu? Pengetahuan dapat dikatakan ilmiah jika memenuhi empat syarat yaitu objektif, metodik, sistematis, dan berlaku umum.

1. Objektif, yaitu sesuai dengan objeknya yang dapat dibuktikan dengan pengamatan, tidak didasarkan atas persepsi peneliti/orang lain.
2. Metodik, yaitu pengetahuan itu didapatkan dengan melakukan cara-cara tertentu yang teratur dan terkontrol.
3. Sistematis, yaitu tersusun dalam sistem (tidak berdiri sendiri) yang saling berkaitan dengan pengetahuan lain sehingga dapat menjelaskan sesuatu secara menyeluruh.
4. Berlaku umum, yaitu pengetahuan itu berlaku untuk semua orang dan dapat dibuktikan oleh siapa pun dengan langkah-langkah yang sama.

Biologi dikembangkan dengan metode ilmiah, karenanya kesimpulan yang ditarik harus sah, benar, dapat dibuktikan, tidak berdasar pada persepsi peneliti tetapi dari data-data dan fakta. Kamu telah tahu bahwa biologi telah berkembang pesat, namun seperti ilmu-ilmu yang lain perkembangannya tidak akan pernah berhenti. Lalu siapakah yang akan melanjutkan mengembangkan biologi? Tentu saja kamu sebagai generasi muda sangat berperan dalam mengembangkan kemajuan biologi.

Untuk itu kamu harus mengembangkan sifat ingin tahu dan kritis, karena setiap diperoleh suatu kesimpulan (yang bersifat sementara) selalu menimbulkan pertanyaan dan masalah baru yang perlu diteliti. Bagaimana melakukan penelitian, apakah penelitian harus dilakukan dengan alat-alat yang canggih dan biaya mahal? Tentu saja tidak, kamu dapat belajar melakukan penelitian dari hal-hal yang kecil. Penelitian dilakukan dengan langkah-langkah ilmiah. Langkah-langkah dalam metode ilmiah adalah sebagai berikut.

Metode ilmiah merupakan proses berpikir secara deduktif dan induktif. Berpikir deduktif berarti berpikir dari hal yang bersifat umum ke hal-hal yang bersifat khusus. Dalam metode ilmiah tercermin dengan munculnya hipotesis yang dibuat berdasarkan teori yang mendasari. Sedangkan berpikir induktif adalah berpikir dari hal yang bersifat khusus ke hal yang bersifat umum. Hal ini tercermin dengan langkah penarikan kesimpulan berdasarkan data dan analisis yang tepat.



Gambar 1.11 Penelitian dilakukan untuk memperoleh pengetahuan yang ilmiah.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Bio Info

Syarat-Syarat Melakukan Penelitian

Percobaan adalah suatu usaha terencana untuk menjawab sebuah pertanyaan dengan membuat suatu kegiatan dengan kondisi-kondisi terkontrol. Untuk melakukan suatu percobaan dengan baik dan benar, diperlukan beberapa syarat yang harus dipenuhi, yaitu mempunyai rasa ingin tahu dan minat yang tinggi terhadap objek atau kajian yang diteliti, memiliki pengetahuan yang cukup, menggunakan peralatan dan perlengkapan yang tepat, mempunyai keahlian teknis, tersedia waktu yang memadai, tidak ada bahaya yang mungkin terjadi selama penelitian, dan hasilnya tidak membahayakan.

1. Merumuskan Masalah

Masalah merupakan pertanyaan apa, mengapa, atau bagaimana (ABDIKASIM: apa, bagaimana, di mana, kapan, siapa, mengapa) tentang objek yang akan diteliti. Masalah yang akan kamu teliti harus jelas batasannya. Sebaiknya masalah juga harus spesifik agar mempermudah dalam pelaksanaan penelitian dan melakukan kontrol.

2. Mengajukan Hipotesis

Hipotesis menunjukkan kemungkinan-kemungkinan jawaban dari masalah yang sedang diteliti. Jadi hipotesis merupakan dugaan sementara yang didukung oleh pengetahuan dan teori relevan yang telah dimiliki. Hipotesis inilah yang harus kamu uji kebenarannya melalui observasi atau eksperimen. Ada dua jenis hipotesis dalam penelitian yaitu hipotesis kerja dan hipotesis nol. Hipotesis kerja atau hipotesis alternatif berisi dugaan yang menyatakan bahwa perlakuan yang kamu berikan dalam penelitian berpengaruh terhadap variabel yang kamu amati. Contoh: *ada pengaruh pemberian pupuk N terhadap peningkatan kadar protein biji kacang hijau*. Sedangkan hipotesis nol merupakan kebalikan dari hipotesis kerja yaitu dugaan yang menyatakan tidak ada pengaruh. Contoh: *tidak ada pengaruh pemberian pupuk N terhadap peningkatan kadar protein biji kacang hijau*.

3. Menguji Hipotesis

Hipotesis harus diuji dengan mengumpulkan berbagai fakta-fakta dan data yang relevan untuk mengetahui apakah fakta-fakta dan data itu mendukung hipotesis yang kamu ajukan atau tidak. Fakta dapat berupa observasi atau pengamatan, misalnya pengamatan secara langsung atau dengan mikroskop. Data dapat kamu peroleh melalui percobaan/eksperimen baik di lapangan maupun di laboratorium. Sebelum melaksanakan penelitian kamu harus memahami pedoman keselamatan kerja di laboratorium dan mengerti tahapan-tahapan yang akan dilaksanakan, termasuk variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol, serta parameter-parameter yang akan diamati.

Variabel adalah faktor-faktor yang berpengaruh dalam percobaan dan memiliki nilai yang dapat berubah atau diubah. Variabel yang muncul dalam penelitian adalah variabel bebas, variabel terikat, variabel kontrol, dan variabel pengganggu (galat atau kesalahan). Variabel bebas atau variabel percobaan merupakan variabel yang sengaja dibuat tidak sama untuk menunjukkan pengaruhnya terhadap variabel terikat. Variabel terikat adalah variabel yang mengalami perubahan karena perlakuan variabel bebas. Variabel kontrol merupakan variabel yang dibuat sama dalam suatu penelitian, biasanya faktor lain diluar perlakuan yang dikenakan pada objek penelitian. Sedangkan variabel pengganggu adalah variabel yang tidak diharapkan tetapi dapat mempengaruhi hasil percobaan. Contohnya dalam penelitian *pengaruh pemberian pupuk N terhadap peningkatan kadar protein biji kacang hijau* variabel



Gambar 1.12 Penelitian dilakukan untuk menguji hipotesis. Pahami cara kerja alat dan sifat bahan sebelum melakukan penelitian.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

bebasnya adalah kadar pupuk N yang berbeda-beda, variabel terikat adalah kadar protein pada biji kacang hijau yang disebabkan pemberian pupuk N, variabel kontrol berupa jenis kacang hijau, komposisi tanah, volume dan frekuensi penyiraman, dan lingkungan percobaan yang dibuat sama pada semua unit percobaan. Variabel pengganggu yang dapat muncul misalnya serangan hama, keadaan cuaca yang diluar perkiraan, dan sebagainya.

Perlu kamu ingat bahwa memberi perlakuan terhadap satu individu atau satu kelompok saja untuk diamati pengaruhnya akibat suatu perlakuan, tidak disarankan karena data yang diambil harus mewakili seluruh populasi objek. Untuk itu dalam penelitian eksperimen perlu dilakukan *pengulangan* yaitu perlakuan yang sama diulang pada individu atau kelompok lain yang disebut *sampel*. Contohnya dalam penelitian diatas, bila setiap kadar pupuk N diberikan pada 10 tanaman berarti pemberian satu kadar pupuk diulang 10 kali.

Kamu juga harus mempersiapkan bahan-bahan beserta peralatannya termasuk cara penggunaan alat dan bagaimana menangani bahan terutama bahan yang mudah rusak dan bahan kimia berbahaya. Data yang diambil harus relevan dengan permasalahan yang dihadapi. Dalam pengumpulan data ini kamu harus menjunjung tinggi kejujuran dan objektivitas agar hasil penelitian sesuai dengan kenyataan yang ada.

4. Mengolah dan Menganalisis Data

Data yang kamu peroleh dapat berupa data kuantitatif (berupa angka-angka, misalnya tinggi, berat, panjang, luas, kandungan zat, dan sebagainya) maupun data kualitatif (misalnya warna, tekstur, bentuk, dan sebagainya). Kamu harus menggunakan alat ukur yang tepat dan standar sehingga diperoleh data kuantitatif yang akurat. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis, ditafsirkan, dan jika perlu diuji secara statistik sebagai dasar untuk menolak atau menerima hipotesis yang telah diajukan.

Terdapat berbagai uji statistik yang berguna sebagai alat bantu dalam menganalisis data kuantitatif, misalnya analisis regresi, analisis varian, analisis kovarian, analisis jalur, dan sebagainya. Uji statistik tidak mutlak diperlukan karena sifatnya hanya sebagai alat bantu. Tetapi berdasarkan pengalaman para peneliti, uji statistik membantu menganalisis data secara objektif dengan derajat keabsahan/kepercayaan tertentu sehingga kebanyakan penelitian menggunakan uji statistik dalam analisis data.

5. Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan data-data yang telah dianalisis dan diuji untuk menerima atau menolak hipotesis yang diajukan. Hipotesis diterima bila data-data yang dikumpulkan sesuai/mendukung pernyataan dalam hipotesis. Sebaliknya bila data-data tidak sesuai maka hipotesis harus ditolak. Hipotesis yang diterima menjadi pengetahuan yang diperoleh secara ilmiah dan menjadi bagian dari ilmu pengetahuan.



Gambar 1.13 Selama penelitian, kamu harus bekerja dengan cermat agar data yang diambil dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Bio Info

Karir dan Usaha

Banyak profesi yang berbasis biologi, misalnya dokter, dokter hewan, perawat, peneliti, dosen, guru, petani, peternak, dan lain-lain. Objek kajian biologi juga membuka kesempatan berwiraswasta yang sangat lebar, misalnya budidaya jamur, ikan hias, unggas, hidroponik, kompos, gas bio, dan sebagainya. Abad mendatang diperkirakan merupakan abad biologi karena kemajuan biologi dan bioteknologi sangat pesat dan menyentuh hampir semua bidang kehidupan. Tekunilah biologi karena segala aspek kehidupanmu berkaitan erat dengan biologi.

Sedangkan hipotesis yang ditolak bukan berarti penelitian itu gagal. Mungkin ada beberapa hal yang dibenahi misalnya parameter yang diamati tidak tepat, pengaturan variabel kurang sesuai, atau memang kenyataan bahwa hipotesis yang diajukan harus ditolak. Jadi segala sesuatu perlu dikaji ulang atau bahkan dilaksanakan penelitian ulang. Langkah-langkah dalam metode ilmiah harus ditempuh secara bertahap dan berurutan karena langkah yang satu merupakan landasan untuk mengerjakan langkah berikutnya.

Dalam praktiknya, sebelum melakukan penelitian kamu harus merancang segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitianmu dalam sebuah rencana atau proposal penelitian. Proposal inilah yang kemudian diajukan kepada pembimbing atau penyandang dana (sponsor) untuk dikaji lebih lanjut dari berbagai sudut pandang, misalnya relevansi permasalahan, kesesuaian metode, ketepatan penentuan variabel dan cara pengambilan data, dan lain-lain. Bagi peneliti, proposal merupakan panduan bagaimana penelitian itu harus dilakukan. Bagi pihak lain, proposal menginformasikan perlunya penelitian dilakukan dan bagaimana penelitian itu dilaksanakan.

Setelah proposal disetujui, barulah penelitian kamu lakukan. Kamu harus selalu berkonsultasi dengan pembimbing dalam setiap tahap penelitian. Pembimbing terdiri dari orang-orang yang memahami bidang yang kamu teliti dan berpengalaman dalam melakukan penelitian sehingga dapat membantu memecahkan masalah yang mungkin kamu temui selama penelitian. Hasil penelitian kemudian disusun menjadi laporan penelitian untuk dikomunikasikan dengan orang lain atau berbagai pihak yang berkompeten. Laporan penelitian inilah yang akan dikaji atau dinilai untuk kemudian dimanfaatkan dan ditindaklanjuti karena memuat pengetahuan ilmiah. Pada prinsipnya laporan penelitian disusun seperti proposal penelitian yang dilengkapi dengan data-data yang diperoleh dan analisisnya beserta pembahasan yang mengkaitkan antara hipotesis dan fakta-fakta sehingga diperoleh suatu kesimpulan.

Susunlah laporan penelitian dengan baik dan sejelas mungkin agar orang yang membaca dapat dengan mudah memahami isinya. Ingatlah bahwa kamu telah melakukan langkah-langkah ilmiah dalam menjawab suatu permasalahan sehingga pengetahuan yang diperoleh adalah pengetahuan yang ilmiah.

Tugas 1.5

Buatlah sebuah rancangan penelitian, tentukan judulnya dengan baik.

1. Dari judul tersebut sebutkan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.
2. Buatlah daftar dan bahan yang digunakan.
3. Tentukan langkah kerjanya.

Rangkuman

- Biologi merupakan ilmu pengetahuan alam (sains) yang mempelajari makhluk hidup dan segala aspek kehidupannya. Biologi berkembang karena rasa ingin tahu dan kemampuan berpikir manusia.
- Bidang kajian biologi sangat luas, meliputi kajian tingkat molekuler, sel, organisme, dan populasi, sehingga biologi dibagi menjadi berbagai cabang ilmu.
- Ruang lingkup biologi meliputi berbagai tema yang mempelajari 6 kingdom dari tingkatan biosfer, bioma, komunitas, populasi, individu, organ, jaringan, sel, dan molekuler.
- Organisasi kehidupan meliputi tingkatan atau hirarki biologi mulai dari tingkat molekuler, sel, jaringan, organ, sistem organ, individu, populasi, komunitas, bioma, dan biosfer.
- Metode ilmiah merupakan cara sistematis yang dilakukan para ilmuwan untuk memecahkan masalah secara ilmiah. Pengetahuan ilmiah memiliki empat syarat yaitu objektif, metodik, sistematis, dan berlaku umum.
- Langkah-langkah metode ilmiah adalah merumuskan masalah, mengajukan hipotesis, menguji hipotesis, mengolah dan menganalisis data, dan menarik kesimpulan. Hasil dari metode ilmiah adalah pengetahuan ilmiah yang kebenarannya teruji dan dapat dipertanggungjawabkan.

Latihan 1

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Mulai awal abad ke-20 biologi berkembang sangat pesat yang disebabkan oleh
 - a. revolusi industri
 - b. penemuan mikroskop elektron
 - c. rasa ingin tahu yang tinggi
 - d. keinginan untuk menguasai alam
 - e. keinginan untuk hidup yang lebih baik
2. Hirarki kehidupan dari tingkat tinggi ke tingkat rendah adalah
 - a. komunitas – organisme – populasi – ekosistem
 - b. organisme – populasi – komunitas – ekosistem
 - c. organisme – komunitas – ekosistem – populasi
 - d. ekosistem – komunitas – populasi – organisme
 - e. populasi – ekosistem – komunitas – organisme
3. Aktivitas kehidupan pada organisme monoseluler dikendalikan oleh
 - a. satu sel
 - b. lebih dari satu sel
 - c. organel
 - d. jaringan
 - e. sistem organ
4. Kumpulan dari beberapa sel yang bekerjasama dan terdapat pada organisme tingkat individu disebut
 - a. sel
 - b. jaringan
 - c. organ
 - d. sistem organ
 - e. protoplasma
5. Cabang biologi yang mempelajari jasad renik atau mikroorganisme adalah
 - a. morfologi
 - b. sitologi
 - c. histologi
 - d. entomologi
 - e. mikrobiologi

6. Evolusi merupakan cabang biologi yang mempelajari tentang
 - a. interaksi antarindividu dalam suatu daerah
 - b. hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan
 - c. perkembangan makhluk hidup dari bentuk sederhana ke bentuk yang lebih rumit
 - d. kesatuan hubungan antarindividu dalam suatu daerah
 - e. pengelompokan makhluk hidup
7. Seorang siswa akan melakukan penelitian pengaruh hormon auksin terhadap pertumbuhan stek mawar. Maka variabel bebasnya adalah
 - a. jenis mawar
 - b. pertumbuhan stek
 - c. suhu lingkungan
 - d. komposisi tanah
 - e. kadar hormon auksin
8. Kebenaran teori dalam ilmu pengetahuan berlaku
 - a. selama belum ada bukti yang menolakan teori itu
 - b. selama penemu masih hidup
 - c. selamanya di seluruh dunia
 - d. selama belum ada teori yang menggantikan
 - e. pada tempat dan waktu tertentu
9. Jawaban sementara dari masalah yang diteliti untuk diuji kebenarannya disebut
 - a. variabel
 - b. metode
 - c. hipotesis
 - d. data
 - e. sampel
10. Hasil dari metode ilmiah merupakan pengetahuan yang ilmiah karena
 - a. dilakukan oleh para ahli
 - b. dilakukan dengan langkah-langkah ilmiah
 - c. langkah kerjanya sistematis
 - d. menggunakan alat yang canggih
 - e. telah teruji kebenarannya

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan arti dan ruang lingkup biologi.
2. Semua makhluk hidup mempunyai rasa ingin tahu, tetapi hanya manusia yang dapat mengembangkan rasa ingin tahunya menjadi ilmu pengetahuan yang semakin berkembang. Jelaskan perbedaan rasa ingin tahu pada tumbuhan, hewan, dan manusia. Apa yang mendasari perkembangan ilmu pengetahuan manusia?
3. Mengapa biologi perlu dipisah menjadi berbagai cabang ilmu? Apa keuntungannya?
4. Jelaskan tingkatan hirarki dari organisasi kehidupan.
5. Apakah fungsi variabel kontrol dan variabel bebas dalam penelitian?

Wacana

Biologi dan Krisis Energi

Dunia akan segera dilanda krisis energi, karena cadangan minyak dunia akan segera habis dalam jangka waktu beberapa puluh tahun ke depan. Oleh karena itu saat ini mulai aktif dikembangkan berbagai energi alternatif yang berpotensi menggantikan sumber minyak bumi yang tidak dapat diperbarui.

Berkaitan dengan itu, sebuah perusahaan di Indonesia tertarik untuk mengembangkan biodiesel dari biji tanaman jarak (*Jathropa* sp.). Untuk mendukung penelitian itu, perusahaan merekrut ahli-ahli dari berbagai disiplin ilmu, termasuk para ahli biologi.

Diskusikan dengan teman dalam kelompokmu, apakah peranan biologi dalam mengembangkan biodiesel sebagai sumber energi alternatif? Cabang ilmu apa sajakah yang diperlukan di dalamnya?

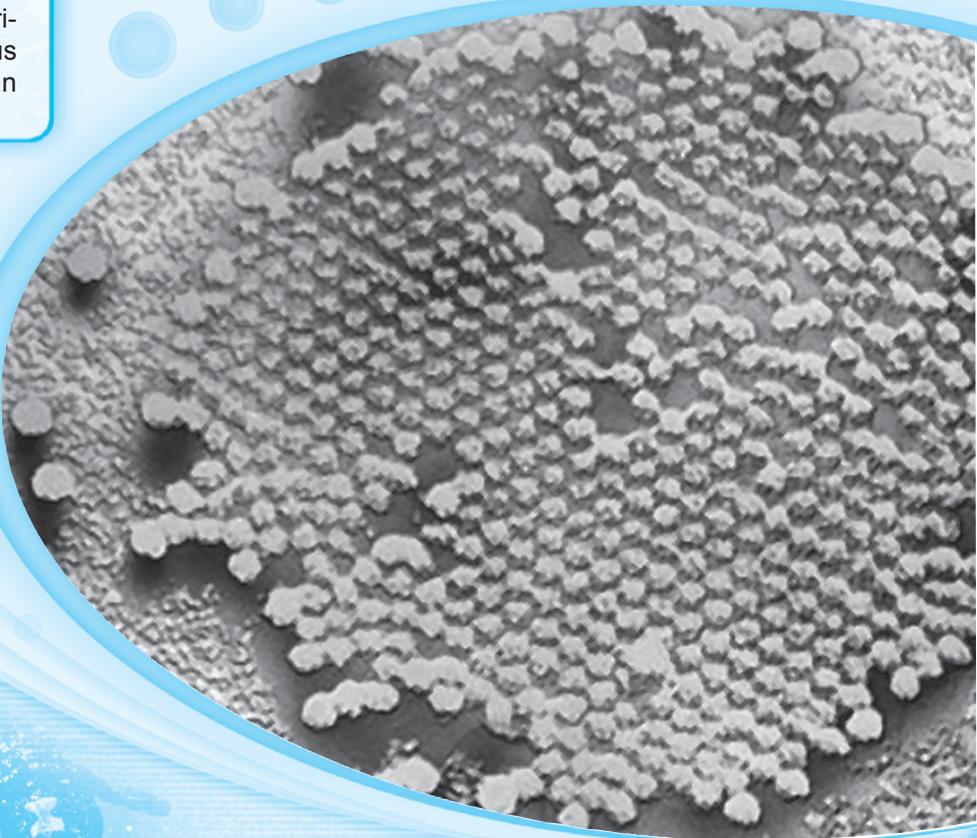
BAB

II

Virus

Pada bab ini kamu akan mempelajari ciri-ciri virus, cara hidup dan perkembangbiakan virus, dan peran virus dalam kehidupan. Setelah mempelajari bab ini diharapkan kamu dapat mendeskripsikan ciri-ciri dan perkembangbiakan virus serta mengomunikasikan peran virus dalam kehidupan.

Kata kunci:
infeksi, replikasi, litik, lisogenik, penyakit



Peta Konsep

peta konsep



Tentu kamu sudah sering mendengar penyakit AIDS. AIDS disebabkan oleh virus HIV yang menyerang sistem kekebalan tubuh manusia. Mengapa virus dapat merusak kekebalan tubuh? Apakah virus termasuk makhluk hidup? Seperti apakah virus itu dan bagaimana virus berkembang biak?

Keberadaan virus mulai diteliti pertama kali pada tahun 1892 oleh ilmuwan Rusia **Dmitry I. Ivanovsky** dan pada tahun 1898 oleh ilmuwan Belanda **Martinus M. Beijerinck**. Keduanya meneliti partikel mikroskopis yang menyebabkan penyakit bercak-bercak kuning pada daun tembakau yang di kemudian hari dikenal sebagai virus mosaik tembakau (TMV/*Tobacco Mosaic Virus*). Mereka menemukan penyebab penyakit pada tembakau tersebut ditularkan oleh patogen yang mampu melewati saringan porselin (filter bakteri). Partikel perantara tersebut ketika diisolasi tidak dapat tumbuh pada medium buatan dan tidak tampak ketika diamati dengan mikroskop cahaya. Beijerinck menduga bahwa partikel mikroskopis yang ditelitinya merupakan patogen jenis baru, yang disebutnya sebagai *virus*. Kata virus dalam bahasa latin berarti cairan berlumpur atau racun, karena sebagian besar virus menyebabkan penyakit pada manusia, hewan, serangga, bakteri, dan tumbuhan. Penyelidikan lain oleh ilmuwan Inggris **Frederick W. Twort** pada tahun 1915 dan **Felix H. d'Herelle** pada tahun 1917 menemukan virus yang menginfeksi bakteri dan dinamakan *bakteriophage* (virus pemakan bakteri).

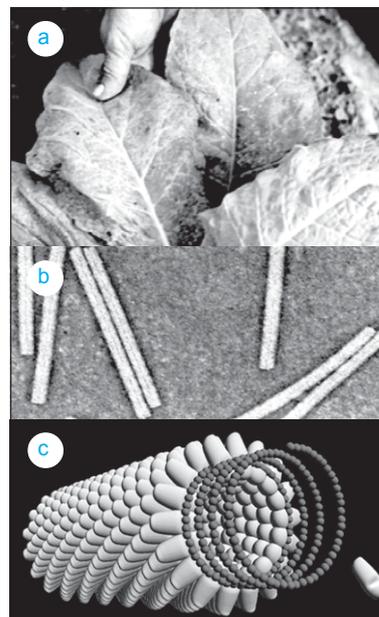
Pada tahun 1935 ilmuwan biokimia berkebangsaan Amerika, **Wendell Meredith Stanley** berhasil mengkristalkan virus mosaik tembakau dan menunjukkan bahwa virus tersebut tersusun atas material genetik berupa ARN (asam ribonukleat) dan pelindung protein. Ketika mikroskop elektron ditemukan pada tahun 1940, bentuk virus dapat diamati untuk pertama kalinya. Penelitian virus semakin berkembang ketika kultur sel ditemukan oleh ilmuwan Amerika pada tahun 1949. Mungkin kamu telah tahu bahwa virus tidak dapat hidup pada medium agar, sehingga virus mula-mula dikembangkan pada tubuh hewan, misalnya embrio ayam. Bahkan virus polio hanya dapat hidup pada otak simpanse dan sumsum tulang belakang monyet. Penemuan kultur sel sangat membantu dalam penelitian virus.

Saat ini sekitar 3.600 jenis virus telah diidentifikasi, sebagian besar diantaranya merupakan penyebab penyakit pada manusia, hewan, serangga, bakteri, dan tumbuhan. Setelah biologi molekuler berkembang, virus berguna untuk penyelidikan gen, mutasi, dan teknik rekombinasi gen. Selain virus, sekarang telah ditemukan partikel mirip virus yang disebut *prion*. Prion tersusun atas molekul protein dan asam nukleat yang berukuran kecil. Prion sangat resistan ketika akan dinonaktifkan dan dapat menyebabkan kerusakan pada otak mamalia dan manusia. Penyakit yang disebabkan oleh prion misalnya penyakit sapi gila.

A

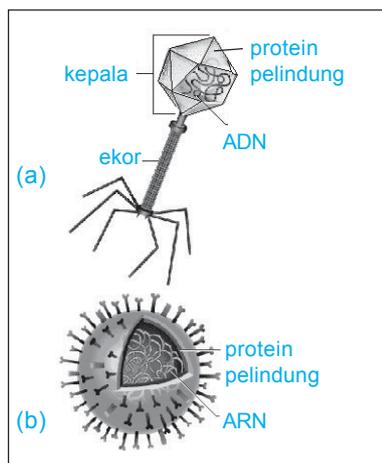
Ciri-Ciri dan Struktur Virus

Virus merupakan partikel ultra mikroskopis yang hanya hidup di dalam sel. Hidup virus tersusun atas *asam nukleat* dan *protein*. Asam nukleat membawa informasi genetik virus dan protein berfungsi sebagai pelindung yang menyelubungi asam nukleat. Asam nukleat virus dapat berupa ADN (asam



Gambar 2.1 Virus mosaik tembakau (TMV): (a) daun tembakau yang terinfeksi TMV, (b) fotomikrograf partikel TMV, (c) model komputer TMV.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005 dan Encyclopedia Britannica, 2006



Gambar 2.2 Struktur virus: (a) bakteriofag dan (b). virus ARN.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

dioksidiribonukleat) atau ARN (asam ribonukleat). Beberapa jenis virus juga memiliki protein yang berfungsi sebagai enzim. Kadang-kadang selubung pelindung virus tidak hanya tersusun atas protein, tetapi mengandung karbohidrat (disebut *glikoprotein*) dan lemak (disebut *lipoprotein*). Kebanyakan virus hanya memiliki satu selubung pelindung, namun demikian ada juga virus yang memiliki beberapa lapis pelindung. Pelindung ini disebut *kapsid* dan protein penyusun kapsid disebut *kapsomer*. Kapsid yang berisi asam nukleat disebut *nukleokapsid*. Selain protein pelindung, beberapa virus memiliki pelindung tambahan berupa membran lipoprotein yang melingkupi nukleokapsid dan disebut *kapsul*. Beberapa jenis virus mempunyai alat tambahan seperti ekor dan serabut. Virus yang strukturnya sempurna, matang, dan mampu menginfeksi sel hidup disebut *virion*. Fungsi kapsid bagi virion adalah sebagai berikut.

1. Melindungi asam nukleat virus dari kerusakan, misalnya oleh enzim pencernaan (nuklease).
2. Pada permukaan kapsid terdapat bagian untuk mengenali reseptor (tempat melekat) pada permukaan sel inang.
3. Menyediakan protein enzim untuk menembus membran sel inang ketika melakukan infeksi.

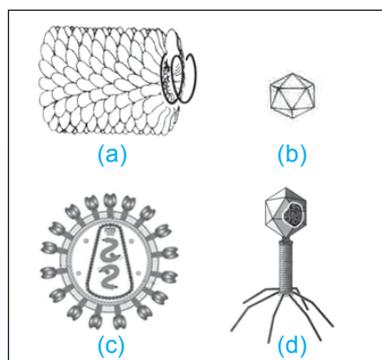
Virus mempunyai sifat sebagai benda mati dan benda hidup. Virus dapat dikristalkan seperti benda mati, namun virus dapat berkembang biak seperti makhluk hidup. Namun demikian virus tidak dapat dikatakan sebagai sel karena hanya tersusun atas selubung protein dan asam nukleat, belum mempunyai membran sel, sitoplasma, dan organel. Selain itu virus tidak dapat melakukan metabolismenya sendiri.

Ukuran virus beraneka ragam, diameternya bervariasi antara 20 nanometer hingga 300 nanometer. Virus terbesar mempunyai panjang beberapa mikron, tetapi lebarnya biasanya kurang dari 100 nanometer. Bandingkan dengan bakteri terkecil yang mempunyai ukuran 10 mikron. Ukuran virus yang paling besar dan kompleks masih sukar diamati dengan mikroskop cahaya. Tahukah kamu mengapa demikian?

Bentuk virus juga bermacam-macam, misalnya berbentuk seperti bola (isometrik), bentuk tangkai memanjang/filamen, dan bentuk seperti berudu katak (mempunyai bentuk seperti kepala dan ekor). Untuk memudahkan identifikasi, bentuk virus dikelompokkan menjadi empat kelompok utama.

1. Virus bentuk spiral
2. Virus bentuk ikosahedron
3. Virus berpelindung
4. Virus bentuk kompleks

Virus terkecil berbentuk ikosahedron (poligon 20 sisi) yang berukuran antara 18 – 20 nanometer. Kebanyakan virus tumbuhan berukuran kecil dan berbentuk filamen atau poligon, sedangkan virus hewan ukuran dan bentuknya lebih bervariasi. Virus yang mempunyai pelindung luar dari lipoprotein, glikoprotein, atau kombinasi lipoprotein dan glikoprotein biasanya berbentuk bulat dengan diameter antara 60 – 300 nanometer.



Gambar 2.3 Bentuk dasar virus: (a) spiral, (b) ikosahedron, (c) virus berpelindung, dan (d) bentuk T (kompleks).

Sumber: www.wikipedia.com

Berdasarkan jenis inangnya, virus dibedakan menjadi tiga kelompok.

1. Virus tanaman, dapat menginfeksi sel tanaman, biasanya disebarkan oleh serangga dan organisme lain.
2. Virus hewan, dapat menginfeksi hampir semua jenis hewan dari protozoa sampai manusia. Beberapa jenis virus hanya dapat menginfeksi satu jenis hewan, namun ada pula yang mampu menginfeksi beberapa jenis hewan sekaligus.
3. Virus bakteri, yaitu virus yang dapat menginfeksi bakteri.

B Cara Hidup Virus

Kamu tentu telah mengetahui bahwa untuk melangsungkan kehidupannya, makhluk hidup harus melakukan metabolisme. Dalam metabolisme diperlukan enzim untuk melangsungkan proses-proses biokimia di dalam tubuh. Virus hanya memiliki asam nukleat dan selubung protein. Bagaimana virus dapat hidup dan berkembang biak?

Virus mendapatkan enzim dan bahan-bahan metabolisme dari sel yang ditumpanginya. Berbeda dengan sel, virus tidak mempunyai organela seperti ribosom, mitokondria, badan golgi, dan sebagainya. Karena itu virus tidak dapat menghasilkan energi sendiri dan mensintesis protein enzim. Jadi virus hanya dapat berkembang dan memperbanyak diri pada sel hidup yang aktif melakukan metabolisme. Oleh karena itu virus dikatakan bersifat parasit sejati.

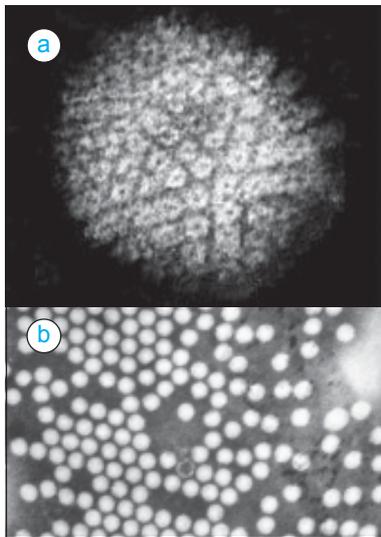
Untuk dapat berkembang dan menimbulkan infeksi pada organisme lain, virus harus dapat tersebar dari organisme satu ke organisme lain. Virus dapat menyebar melalui hubungan langsung atau tidak langsung. Pada manusia dan hewan, batuk, bersin, dan bersentuhan dapat menularkan virus seperti virus influenza, selesma, dan gondong. Virus anjing gila ditularkan melalui gigitan. Virus yang lain dikeluarkan bersama tinja, kemudian dibawa oleh lalat dan ditularkan melalui makanan atau minuman. Peralatan makan seperti piring dan sendok mungkin juga membawa partikel virus dan dapat menularkan ke inang yang baru. Virus juga dapat disebarkan oleh serangga penular yang disebut *vektor*. Biasanya vektor tidak terpengaruh oleh keberadaan virus. Contoh vektor penyebar penyakit pada hewan dan manusia adalah lalat, caplak, dan nyamuk. Virus penyebab penyakit tumbuhan disebarkan melalui persentuhan dan gigitan serangga yang mengisap atau memakan tanaman.

Bagian virus yang dapat menginfeksi sel inang adalah asam nukleat. Asam nukleat penyusun virus berupa ADN (asam dioksiribonukleat) atau ARN (asam ribonukleat) tetapi tidak pernah ditemukan ADN dan ARN secara bersama-sama. Umumnya asam nukleat itu berbentuk molekul tunggal, baik berupa untaian tunggal maupun untaian ganda. Namun demikian, ada virus yang materi genetiknya terbagi menjadi dua bagian (untaian) atau lebih. Di kelas XII kamu akan

Bio Info

Virus dan Kanker

Saat ini diketahui lebih dari 100 virus yang menyebabkan tumor ganas atau kanker pada ikan, katak, burung, tikus, babi, kuda, dan vertebrata lain. Beberapa kanker pada manusia diduga juga disebabkan oleh virus. ADN virus bergabung dengan ADN sel inang menghasilkan partikel-partikel virus yang tidak lengkap atau *provirus*. Sel yang mengandung provirus mengalami pertumbuhan dan pembelahan yang tidak dapat dikendalikan yang dikenal sebagai kanker. Pada virus yang membawa informasi genetik berupa ARN, ARN virus ditranskripsi membentuk ADN dan ADN ini yang bergabung dengan ADN sel inang.



Gambar 2.4 (a) Virus herpes merupakan virus ADN. (b) Virus polio merupakan virus ARN.

Sumber: www.wikipedia.com

mempelajari materi genetik lebih mendalam pada bab *materi genetik*. Berdasarkan asam nukleatnya, virus dibedakan menjadi virus ADN dan virus ARN.

1. Virus ADN, mempunyai asam nukleat berupa ADN, misalnya virus herpes, bakteriofag, dan virus cacar. ADN virus dapat berupa untaian pita tunggal atau ganda.
2. Virus ARN, mempunyai asam nukleat berupa ARN, misalnya virus hepatitis C, HIV, virus polio, virus rabies, dan virus ebola. ARN virus juga dapat berupa untaian pita tunggal dan ganda. Kebanyakan virus tumbuhan mempunyai materi genetik berupa ARN berbentuk pita tunggal.

Di dalam sel inang virus akan merusak ADN sel inang dan mengendalikan fungsi-fungsi fisiologi sel dan memerintahkan sel inang untuk membentuk virus-virus baru. Pembentukan virus baru ini disebut replikasi.

Tugas 2.1

Bandingkan struktur virus dan sel kemudian diskusikan dengan teman kelompokmu untuk menemukan persamaan dan perbedaan antara virus dengan sel. Hal pokok apakah yang menyebabkan virus tidak dapat dikatakan sebagai makhluk hidup?

C

Daur Infeksi dan Reproduksi Virus

Reproduksi virus disebut dengan replikasi. Virus hanya dapat berkembang biak di dalam sel hidup karena di luar sel hidup virus tidak aktif. Virus memanfaatkan kemampuan metabolisme sel inang untuk memperbanyak diri. Sifat infeksi virus tergantung pada jenis virus dan kondisi lingkungan, dibedakan menjadi daur litik dan daur lisogenik.

1. Daur Litik

Pada virus yang melakukan daur litik, infeksi virus diikuti dengan perbanyakan virus yang berlangsung cepat, diakhiri dengan kerusakan atau kematian sel inang. Virus baru yang terbentuk siap untuk menginfeksi sel inang yang lain dan memperbanyak diri.

2. Daur Lisogenik

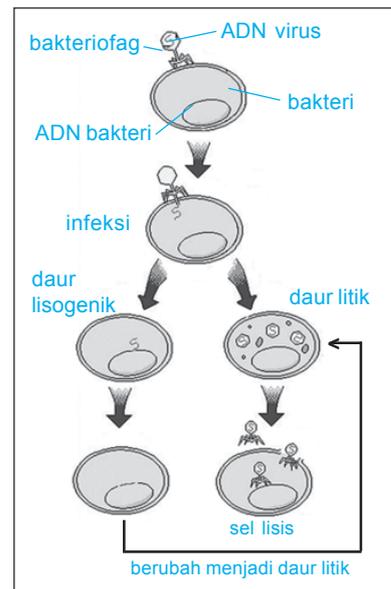
Jenis virus yang melakukan daur lisogenik infeksinya tidak menyebabkan kematian sel secara langsung. Setelah menginfeksi, materi genetik virus bergabung dengan materi genetik sel inang (virus tidak aktif). Sel inang mungkin tidak menunjukkan gejala terinfeksi virus. Jika sel inang berkembang biak, materi genetik virus akan diwariskan kepada setiap sel yang dihasilkan. Virus yang melakukan daur lisogenik sewaktu-waktu dapat aktif dan melakukan daur litik yang dipicu oleh faktor kimia atau fisika, misalnya

karena radiasi ultraviolet. Penelitian lain menunjukkan setelah mengalami daur lisogenik sekitar 100.000 kali, ADN viral secara spontan aktif dan memulai virus litik.

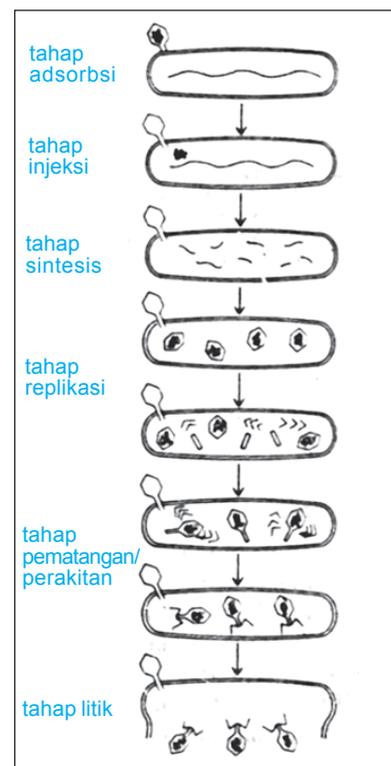
Virus tidak dapat berkembang biak dengan pembelahan. Reproduksi pada virus disebut replikasi yaitu pembentukan komponen virus dan perakitannya untuk membuat virus baru. Replikasi dimulai ketika virus masuk ke dalam sel. Pelindung virus dilepaskan oleh enzim dalam sel, dan ARN/ADN virus masuk dan mengadakan kontak dengan ribosom (organela tempat sintesa protein) di dalam sel. Kemudian akan berlangsung sintesis protein yang spesifik sesuai ARN/ADN. Asam nukleat virus mengganda, dan protein yang diperlukan sebagai pelindung juga dibentuk. Kemudian berlangsung perakitan partikel virus yang baru. Beberapa jenis virus keluar dari dalam sel bersamaan dengan rusaknya sel yang ditumpanginya. Virus jenis yang lain dapat keluar dari sel melalui membran tanpa mematikan sel yang ditumpanginya.

Agar lebih jelas, perhatikan tahap-tahap replikasi virus pada daur litik di bawah ini.

- Tahap adsorpsi, yaitu virus menempel pada permukaan sel inang. Tempat penempelan virus terletak pada bagian yang mengandung protein tertentu yang dapat dikenali oleh reseptor virus.
- Tahap injeksi, yaitu virus melakukan penetrasi pada membran sel dan masuk ke dalam sitoplasma, atau hanya memasukkan materi genetik ke dalam sel inang dengan kapsid (berserta selubung bila ada) tetap di permukaan sel inang. Pada sel tumbuhan yang mempunyai dinding sel kaku, masuknya virus ke dalam sel inang dilakukan dengan bantuan serangga ketika memakan bagian tumbuhan. Virus hewan juga dapat masuk ke sel inang melalui proses fagositosis. Coba kamu ingat kembali bagaimana proses fagositosis pada sel hewan.
- Tahap sintesis protein berdasarkan materi genetik dari virus. Setelah masuk di dalam sel inang, materi genetik virus akan mengendalikan segala proses di dalam sel inang. Di sini materi genetik yang dibawa virus digunakan untuk memproduksi protein yang diperlukan oleh virus. Protein yang dihasilkan adalah protein kapsomer dan protein enzim untuk replikasi materi genetik virus.
- Tahap berikutnya yaitu replikasi (penggandaan) materi genetik virus. Pada tahap ini dihasilkan materi genetik baru yang sama persis dengan materi genetik virus yang menginfeksi. Replikasi dapat berlangsung di dalam sitoplasma maupun di dalam nukleus, tergantung pada jenis virus yang menginfeksi.
- Tahap pematangan, yaitu perakitan atau penggabungan materi genetik virus dengan kapsid. Masing-masing ADN hasil replikasi masuk ke dalam kapsid, sehingga terbentuk virus baru yang telah utuh. Dalam setiap sel inang dapat terbentuk hingga 100 virus baru.



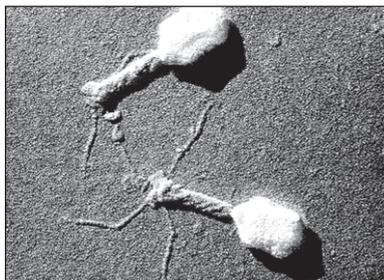
Gambar 2.5 Daur infeksi virus.
Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 2.6 Tahapan replikasi virus.
Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005

- f. Tahap terakhir adalah tahap litik, yaitu ketika virus keluar dari sel inang, diikuti dengan rusaknya sel inang (lisis). Sekarang juga diketahui bahwa beberapa jenis virus yang lain dapat keluar dari sel melalui membran tanpa mematikan sel yang inangnya.

Daur ini akan berulang, masing-masing virus yang telah meninggalkan sel inang akan mencari sel baru untuk diinfeksi. Bagaimana proses replikasi virus pada daur lisogenik?



Gambar 2.7 Fotomikrograf bakteriofag.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Contoh virus yang melakukan daur lisogenik adalah bakteriofag yang disebut virus lambda (λ) yang menginfeksi bakteri *Escherichia coli*. Daur lisogenik ini ditemukan oleh ahli mikrobiologi Perancis **Andre Lwoff** pada tahun 1950. Awal proses replikasi virus pada daur lisogenik sama dengan proses pada daur litik. Setelah tahap injeksi, ADN virus tidak langsung melakukan sintesis, tetapi ADN virus berintegrasi/bergabung dengan ADN sel inang dan tahap ini disebut tahap penggabungan. ADN bakteri yang berbentuk melingkar (sirkular) mula-mula putus, kemudian ADN virus menggabungkan diri diantaranya. Terbentuklah ADN baru yang mengandung ADN bakteri dan ADN virus. ADN virus ini tidak aktif, sehingga bakteri tetap dapat tumbuh secara normal. Bakteri yang mengandung fage yang tidak aktif ini disebut *profage*.

Setelah tahap penggabungan diikuti tahap pembelahan. Ketika sel inang membelah diri maka ADN virus akan diturunkan pada sel anak yang dihasilkan. Dengan demikian terbentuk dua sel bakteri yang mengandung ADN virus yang identik. Demikian seterusnya, setiap bakteri yang terinfeksi membelah diri, maka pada setiap sel yang dihasilkan akan mengandung materi genetik virus.

Karena sesuatu hal, misalnya terkena radiasi sinar ultraviolet, profage akan aktif, memisahkan diri dari ADN bakteri, dan memulai daur litik yaitu menggandakan diri dan membajak ADN bakteri untuk membangun protein dan melakukan perakitan untuk membentuk virus baru.

Tugas 2.2

Lakukan studi pustaka untuk mempelajari daur litik dan lisogenik pada virus. Manfaatkan sebaik mungkin referensi yang dapat kamu peroleh, misalnya bertanya kepada guru, buku di perpustakaan, atau gunakan internet untuk mendapatkan informasi terbaru yang lebih lengkap. Kemudian lakukan diskusi dengan kelompokmu untuk membahas apakah semua virus dapat melakukan daur litik dan lisogenik sekaligus.

D

Peranan Virus dalam Kehidupan

Virus ada yang bermanfaat bagi manusia meskipun sebagian besar virus menyebabkan penyakit pada organisme hidup. Berikut ini diuraikan contoh-contoh manfaat dan bahaya virus.

1. Kegunaan Virus

Materi genetik virus berupa ADN atau ARN sehingga virus sering digunakan untuk penelitian materi genetik seperti mempelajari aktivitas kimiawi gen, pengaruh enzim terhadap aktivitas asam nukleat, mutasi, dan pewarisan sifat. Selain itu kemampuan virus lisogenik menyisipkan materi genetik pada sel inang dimanfaatkan dalam rekayasa genetika untuk menyisipkan gen tertentu pada sel bakteri. Bakteri yang telah disisipi gen itu dapat memproduksi bahan sesuai dengan informasi genetik yang dibawa oleh gen tersebut. Contohnya jika virus menyisipkan gen manusia yang menghasilkan insulin ke dalam ADN bakteri, maka bakteri itu menjadi mampu menghasilkan insulin. Dengan cara ini insulin dapat dihasilkan dengan cepat dalam jumlah besar. Saat ini para ahli biologi molekuler berusaha memodifikasi ADN virus lisogenik sehingga ADN yang terintegrasi pada ADN bakteri berisi gen-gen yang dapat menghasilkan produk yang berguna bagi manusia. Selain itu virus juga berguna untuk mengembangkan obat dan vaksin untuk menyembuhkan dan mencegah penyakit karena virus.

2. Penyakit Akibat Virus

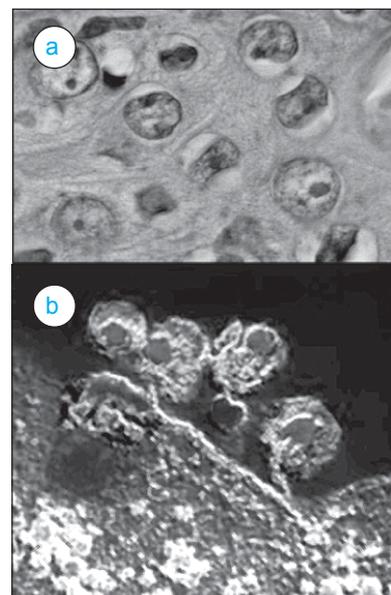
Coba kamu ingat kembali sifat virus yang tidak dapat hidup bebas di alam. Karena sifat ini maka virus selalu bergantung pada sel hidup atau bersifat parasit sejati. Virus merupakan penyebab banyak penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Serangan virus pada tanaman dan hewan budidaya dapat menyebabkan penyakit yang mengakibatkan kerugian yang besar. Beberapa virus dianggap sangat penting karena menyebabkan penyakit yang fatal, misalnya virus rabies, AIDS, polio, dan demam kuning. Berikut ini beberapa penyakit yang diakibatkan oleh virus.

- Penyakit cacar air disebabkan oleh virus *chickenpox* yang menyerang sistem saraf. Kulit di atas saraf yang terinfeksi melepuh dalam beberapa hari, mula-mula berisi cairan jernih, kemudian menjadi keruh dan mengeras dalam 5 - 10 hari kemudian. Penyakit ini menyerang anak-anak dan orang dewasa. Gejala yang ditunjukkan adalah demam dan terbentuknya gelembung-gelembung kering pada kulit.
- Penyakit AIDS disebabkan oleh virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*). HIV menyerang sel limfosit T4 yang merupakan sistem pertahanan/imunitas yang sangat penting dalam tubuh manusia. Akibatnya ketahanan tubuh menjadi lemah dan rentan terhadap serangan virus, bakteri, jamur, protozoa, dan penyebab infeksi lain. Penyakit pneumonia

Bio Info

Influenza

Influenza merupakan salah satu jenis penyakit yang sering menyerang manusia. Sekitar 200 jenis virus telah diketahui dapat menyebabkan influenza. Gejala influenza antara lain batuk, demam, nyeri otot, selera makan hilang, dan timbul ingus pada hidung. Virus influenza berbentuk bola dengan materi genetik berupa ARN. Tubuh yang sehat merupakan upaya yang tepat untuk menangkal penyakit influenza.



Gambar 2.8 (a) Fotomikrograf virus cacar dan (b) virus HIV.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

yang disebabkan oleh *Pneumocystis carinii* merupakan penyebab utama kematian orang yang terkena infeksi HIV, penyebab yang lain adalah terjadinya kanker dan sarkoma. AIDS ditularkan melalui hubungan seks, kontak langsung dengan darah, jaringan, atau jarum suntik yang terkontaminasi HIV, dan ditularkan dari ibu kepada anaknya selama kelahiran dan menyusui. Gejala virus ini baru muncul lebih kurang 10 tahun setelah infeksi.

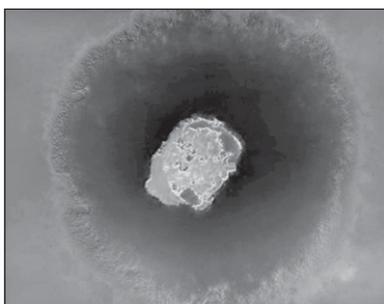


Gambar 2.9 Virus ebola yang menyebabkan demam ebola.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

- c. Demam ebola disebabkan oleh virus ebola yang berbentuk seperti benang panjang yang ujungnya melengkung. Virus ebola awalnya adalah virus yang menyerang binatang (kera) di daerah tropis daratan Afrika. Virus ebola disebarkan melalui cairan tubuh penderita yang masuk ke peredaran darah orang yang sehat atau melalui jalur pencernaan. Belum ditemukan obat atau vaksin yang efektif untuk mengendalikan virus ebola. Wabah ebola beberapa kali melanda Afrika, yaitu tahun 1976 di Sudan menginfeksi 284 orang dan menewaskan 151 orang. Pada tahun 1995 wabah ebola melanda Kongo, ditemukan 318 kasus dengan 280 orang meninggal dunia. Tiga dari empat orang yang terinfeksi virus ebola di Kongo meninggal dunia. Pada tahun 2000 – 2001 wabah ebola menyerang Uganda menewaskan 224 orang. Pada tahun 2002 virus ebola kembali muncul di Gabon dan Kongo.
- d. Penyakit rabies disebabkan oleh virus rabies yang menyerang anjing. Biasanya ditularkan ke manusia melalui gigitan. Gejala penyakit muncul setelah periode inkubasi selama 10 hari sampai satu tahun berupa demam, kesulitan bernapas, kontraksi otot yang tak terkendali, dan gejala takut pada air. Biasanya diikuti dengan kematian antara 3 hari sampai 3 minggu setelah gejala muncul. Usaha yang dapat dilakukan adalah mencegah perkembangan dan penularan virus dengan vaksin rabies.

- e. Penyakit cacar atau *variola* disebabkan oleh virus *smallpox*. Penyakit cacar berakibat fatal dan sangat mudah ditularkan melalui kontak tubuh dengan penderita. Setelah masa inkubasi selama 12 hari, muncul gejala demam tinggi dan emosi kacau yang tampak seperti gejala keracunan. Tiga atau empat hari kemudian gejala ini diikuti dengan munculnya ruam di wajah, lengan, paha, telapak tangan, dan telapak kaki. Dalam enam sampai 10 hari ruam berkembang menjadi radang. Pada daerah radang ini sangat mudah terjadi infeksi sekunder oleh bakteri. Radang kemudian akan mengeras, biasanya meninggalkan parut di kulit. Demam dan gejala keracunan mulai berkurang. Kematian biasanya diakibatkan oleh infeksi pada jantung, hati, dan otak.



Gambar 2.10 Virus cacar.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Pada tahun 1967 WHO mengeluarkan program vaksinasi untuk melawan virus cacar, karena pada saat itu penyakit ini menyebabkan infeksi pada 10 – 15 juta orang di seluruh dunia setiap tahunnya, dengan 2 juta orang diantaranya meninggal dunia. Pada tahun 1979 WHO menyatakan virus

cacar telah punah dari bumi dan merekomendasikan untuk menghentikan vaksinasi dan menghancurkan stok virus di laboratorium. Pada saat ini sampel virus cacar hanya ada di Amerika dan Rusia.

- f. Penyakit polio disebabkan oleh virus *poliomyelitis*. Virus masuk ke dalam tubuh manusia melalui hidung dan mulut. Di dalam tubuh, virus menginfeksi sel saraf pusat dan menggunakannya untuk replikasi. Infeksi dapat menyebabkan *paralisis* (tidak mampu menggerakkan bagian tubuh) parsial yang permanen. Penyakit ini biasanya ditemukan pada anak-anak berumur antara 5 – 10 tahun. Penyakit polio mula-mula diteliti oleh ilmuwan Jerman **Jacob von Heine** pada tahun 1840. Periode inkubasi virus ini antara 4 sampai 35 hari. Gejala awal ditunjukkan adanya kelelahan, demam, sakit kepala, muntah-muntah, kesulitan buang air besar, kekakuan pada leher, diare, dan rasa sakit pada anggota gerak tubuh. Karena sel saraf yang mengatur pergerakan otot tidak dapat diganti ketika rusak, maka infeksi virus polio dapat menyebabkan *paralisis* permanen. Jika yang diserang adalah sel saraf pusat yang mengatur respirasi/pernapasan, penderita hanya dapat bertahan hidup jika dimasukkan ke dalam paru-paru buatan. Kasus *paralisis* muncul satu diantara 100 kejadian nonparalisis. Pada tahun 1950 telah ditemukan vaksin, sehingga serangan virus polio dapat ditekan serendah mungkin.
- g. Virus hepatitis B (HVB) menyebabkan *inflamasi*/radang dan pembengkakan pada hati. Infeksi virus menyebabkan sakit kuning dan sakit seperti influenza. Sakit kuning disebabkan karena cairan empedu menyebar ke seluruh tubuh sehingga kulit dan bola mata berwarna kuning. Infeksi yang kronis menyebabkan *cirrhosis* (rusaknya sel hati) dan kanker hati. Saat ini diketahui ada tiga virus yang menyebabkan hepatitis, yaitu virus A, B, dan non A-non B. Virus A menyebabkan penyakit hepatitis A, virus B dapat menyebabkan penyakit hepatitis B yang paling berbahaya, dan virus non A-non B menyebabkan penyakit hepatitis C. Untuk mencegah hepatitis dilakukan dengan menjaga kebersihan makanan beserta perlengkapan makan dan mengikuti imunisasi hepatitis.
- h. Virus juga menyebabkan infeksi pada tumbuhan. Gejala infeksi virus pada tumbuhan misalnya berupa pola bercak atau mosaik pada daun, daun kekuningan, pertumbuhan terhambat dan kematian dini, bentuk yang tidak normal, dan pertumbuhan yang luar biasa. Beberapa virus tumbuhan telah diketahui misalnya virus mosaik tembakau (TMV), virus penyebab daun menggulung pada tanaman kentang, virus yang menyebabkan ujung tanaman bit mengeriting, virus tungro yang menyerang tanaman padi (disebarkan oleh wereng), dan virus CVPD (*citrus vein phloem degeneration*) yang menyebabkan degenerasi pembuluh floem pada tanaman jeruk. Virus tersebut telah dipelajari intensif karena

Bio Info

Vaksin Polio

Pada tahun 1950 **Jonas Salk** mengembangkan vaksin yang dibuat dari virus polio inaktif dari tiga strain yang diketahui yaitu *Brunhilde* (tipe 1), *Lansing* (tipe 2), dan *Leon* (tipe 3). Kekebalan terhadap satu salah tipe virus tidak sekaligus kebal terhadap infeksi tipe yang lain. Pada tahun 1954 vaksin yang ditemukan Salk dinyatakan aman dan efektif untuk mencegah perkembangan virus polio. Pada tahun 1963 ahli virus **Albert Sabin** mengembangkan vaksin yang berisi virus hidup yang dilemahkan yang dapat diberikan secara oral, disebut TOPV (*trivalent oral polio vaccine*) yang kemudian menggantikan model vaksinasi suntik yang ditemukan Salk sebelumnya. TOPV kemudian menjadi standar imunisasi di Amerika dan dunia. Hasilnya kasus virus polio menurun drastis, dari 57.879 kasus pada tahun 1952 menjadi beberapa kasus tiap tahun. Kasus polio kembali mencuat pada tahun 1988 di mana ditemukan sebanyak 350.000 kasus di seluruh dunia. Namun mulai tahun 2000, kasus polio menurun lagi.



Gambar 2.11 Virus hepatitis B menyebabkan penyakit hepatitis.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Bio Info

Teknologi Nano dan Senjata Biologi

Upaya pemanfaatan virus untuk meningkatkan kesejahteraan manusia semakin terbuka lebar. Pada bulan April 2006 para ahli dari Institut Teknologi Massachusetts berhasil membuat sejenis kawat penghantar berteknologi nano dari virus yang dihasilkan dengan cara memodifikasi gen virus. Mereka juga telah menggunakan virus untuk membuat baterai yang menghasilkan energi listrik tiga kali lebih banyak dibandingkan material yang dipakai untuk membuat baterai konvensional. Dua teknologi ini berpotensi untuk digunakan dalam pengembangan kristal cair, sel surya, sel bahan bakar, dan peralatan mikroelektronik lain. Namun virus juga berpotensi untuk digunakan sebagai senjata biologis. Penelitian diawali ketika virus influenza berhasil dikembangkan di laboratorium pada tahun 1918. Virus cacar yang telah dinyatakan punah oleh WHO ternyata masih tersisa di beberapa laboratorium dan berpotensi untuk dikembangkan sebagai senjata biologis.

Sumber: www.wikipedia.com

menyebabkan kerugian yang besar. Virus tumbuhan disebarkan oleh serangga, air atau tanah yang terkontaminasi virus, peralatan yang tercemar virus, dan melalui proses pengentenan.

3. Pencegahan Penyakit Akibat Virus

Secara umum penyebaran penyakit karena virus dapat dicegah dengan pola hidup bersih dan higienis. Pola hidup ini akan mencegah penyebaran virus penyebab penyakit. Tubuh yang sehat mempunyai pertahanan yang baik terhadap serangan virus. Secara alami pertahanan tubuh terhadap infeksi virus adalah dengan mekanisme fagositosis oleh sel darah putih (leukosit) dan pembentukan antibodi. Antibodi terbentuk di dalam tubuh jika ada protein asing dari virus masuk ke dalam tubuh (disebut antigen). Pembentukan antigen dapat dirangsang dengan pemberian vaksinasi.

Vaksin dapat berupa virus mati atau virus hidup yang sudah dilemahkan. Ketika virus yang telah mati atau dilemahkan pada vaksin masuk ke dalam tubuh, tubuh merespons dengan membentuk antibodi yang dapat melawan virus tersebut, sehingga ketika terjadi infeksi oleh virus yang sebenarnya, tubuh telah kebal. Namun vaksin tidak bekerja sama baiknya untuk semua orang dan tidak dapat memberantas semua penyakit virus. Satu vaksin hanya efektif untuk satu jenis virus. Oleh karena itu sekarang dikembangkan vaksin virus ganda atau *multivalen*. Satu suntikan vaksin ini dapat membuat kebal seseorang terhadap beberapa serangan virus sekaligus.

Tugas 2.3

Serangan virus flu burung (SARS) pada tahun 2005 hingga 2006 menyebabkan kerugian yang besar bagi petani unggas di Indonesia karena virus itu menyebabkan kematian unggas secara mendadak dan sangat mudah ditularkan. Virus ini diduga merupakan mutasi dari virus corona yang menyerang sistem pernapasan.

Carilah informasi mengenai virus flu burung beserta kerugian atau bahaya yang diakibatkan. Sertakan pula cara-cara untuk menanggulangi serangan virus ini. Susunlah karyamu sebagai tulisan ilmiah kemudian diskusikan hasilnya dengan kelompokmu.

Rangkuman

- Ciri-ciri virus adalah berukuran mikroskopis, diameter antara 20 – 300 nm, tersusun atas materi genetik (berupa ADN atau ARN) dan protein pelindung yang disebut kapsid, bentuk beraneka macam, bersifat parasit, dapat dikristalkan, dan hanya dapat berkembang biak di dalam sel hidup.

- Virus mempunyai sifat sebagai benda mati (dapat dikristalkan) dan benda hidup (dapat berkembang biak). Namun virus bukan sel karena hanya mempunyai asam nukleat dan selubung protein, belum mempunyai membran sel, sitoplasma, organel, dan tidak melakukan metabolisme.
- Virus memanfaatkan kemampuan metabolisme sel inang yang diinfeksi untuk memperbanyak virus. Terdapat dua daur infeksi virus yaitu daur litik dan daur lisogenik.
- Tahapan replikasi virus adalah adsorpsi, injeksi, sintesis protein, penggandaan materi genetik virus, pematangan atau perakitan, dan litik atau rusaknya sel inang.
- Kegunaan virus yaitu sebagai bahan penelitian genetik, sebagai pembawa gen dalam rekayasa genetika, dan menghasilkan vaksin.
- Penyakit yang disebabkan oleh virus pada manusia contohnya AIDS, cacar air, ebola, rabies, polio, dan hepatitis. Penyakit akibat virus pada hewan contohnya penyakit mulut dan kuku, rabies, dan penyakit sampar. Penyakit akibat virus pada tumbuhan contohnya virus mosaik tembakau, virus tungro, CVPD, daun menggulung pada tanaman kentang, dan ujung daun mengeriting pada tanaman bit.
- Serangan virus dapat dicegah dengan pola hidup bersih, tubuh yang sehat, dan vaksinasi. Vaksin dapat berupa virus yang telah dimatikan atau virus hidup yang telah dilemahkan dan sekarang dikembangkan virus multivalen.

Latihan 2

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Virus pertama kali ditemukan pada tahun 1871 – 1899 oleh
 - a. Ivanovski
 - b. Aristoteles
 - c. Robert Hooke
 - d. Seleiden
 - e. Mary Back
2. Virus bukan merupakan sel karena tidak mempunyai
 - a. organela
 - b. protein
 - c. asam nukleat
 - d. protoplasma dan nukleus
 - e. asam nukleat dan protoplasma
3. Materi yang tersimpan dalam kapsid virus berupa
 - a. protein
 - b. glikoprotein
 - c. lipoprotein
 - d. lemak
 - e. asam nukleat
4. Contoh virus ARN adalah
 - a. virus herpes
 - b. bakteriofag
 - c. virus cacar
 - d. HIV
 - e. virus hepatitis B
5. Tahap reproduksi virus pada daur litik adalah
 - a. adsorpsi – injeksi – sintesis protein – replikasi – lisis – perakitan
 - b. injeksi – adsorpsi – sintesis protein – replikasi – perakitan – lisis
 - c. adsorpsi – injeksi – sintesis protein – replikasi – perakitan – lisis
 - d. adsorpsi – injeksi – replikasi – sintesis protein – perakitan – lisis
 - e. injeksi – adsorpsi – sintesis protein – replikasi – perakitan – lisis
6. Ketika dalam daur lisogenik, bakteri yang terinfeksi virus tidak menunjukkan gejala penyakit karena
 - a. virus tidak bersifat parasit
 - b. ADN virus tidak aktif
 - c. virus belum menginjeksikan materi genetik
 - d. jumlah asam nukleat virus masih sedikit
 - e. virus belum matang

7. Untuk memerangi virus yang menimbulkan penyakit dilakukan usaha pencegahan (preventif) dan pengobatan (kuratif). Usaha preventif dapat dilakukan dengan
 - a. disinfeksi
 - b. radiologi
 - c. sterilisasi
 - d. pasteurisasi
 - e. vaksinasi
8. Penyakit AIDS disebabkan oleh HIV. Dalam tubuh manusia HIV menyerang
 - a. sistem respiratoria
 - b. sistem koorninasi
 - c. sistem kekebalan tubuh
 - d. sistem transportasi
 - e. sistem pencernaan
9. Penyakit di bawah ini yang disebabkan oleh virus adalah
 - a. influenza, demam, dan difteri
 - b. rabies, kolera, dan sampar
 - c. demam berdarah, rabies, dan trakom
 - d. hepatitis, difteri, dan tifus
 - e. cacar, difteri, dan campak
10. Sistem pertahanan tubuh yang berguna untuk melawan infeksi virus adalah
 - a. antibodi
 - b. antibiotik
 - c. hormon
 - d. enzim
 - e. antigen

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan sifat-sifat virus.
2. Mengapa virus tidak digolongkan sebagai makhluk hidup?
3. Jelaskan daur litik dan lisogenik pada virus.
4. Sebutkan empat contoh virus yang menyerang hewan dan nama penyakit yang ditimbulkannya.
5. Gambar dan sebutkan bagian-bagian struktur tubuh virus bakteriofag.

Wacana

Bocavirus Penyebab Pneumonia

Ahli penyakit paru dr. Tjandra Yoga Aditama mengingatkan agar Indonesia mewaspadaai adanya virus baru yang bersumber dari binatang yang disebut *bocavirus*. *Bocavirus* dapat menyebabkan penyakit pneumonia. Pada saat ini binatang yang dapat terinfeksi *bocavirus* adalah sapi dan anjing, namun demikian *bocavirus* juga berpotensi untuk menginfeksi manusia. Gejala penyakit akibat *bocavirus* adalah batuk, demam, dan gatal pada tenggorok. Penyakit ini mudah menular pada anak-anak. Infeksi yang serius dapat menyebabkan kematian.

Diskusikan dengan kelompokmu, mengapa virus yang menyerang hewan juga berpotensi untuk menyerang manusia. Apakah kaitannya dengan mutasi? Mengapa anak-anak lebih mudah terserang penyakit akibat virus?

Sumber: *Media Indonesia*, 5 September 2006

BAB

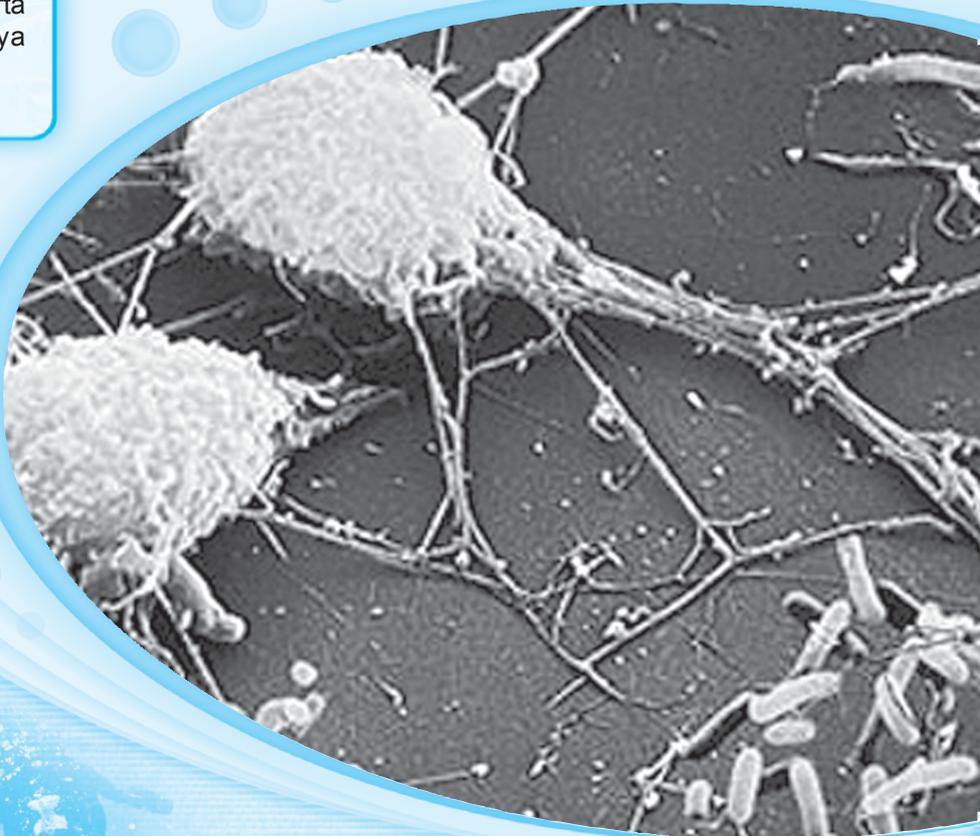
III

Eubacteria dan Archaeobacteria

Pada bab ini kamu akan mempelajari ciri-ciri organisme yang tergolong dalam kelompok Eubacteria dan Archaeobacteria beserta peranannya dalam kehidupan. Setelah mempelajari bab ini diharapkan kamu dapat mendeskripsikan ciri-ciri Eubacteria dan Archaeobacteria serta mengomunikasikan peranannya dalam kehidupan.

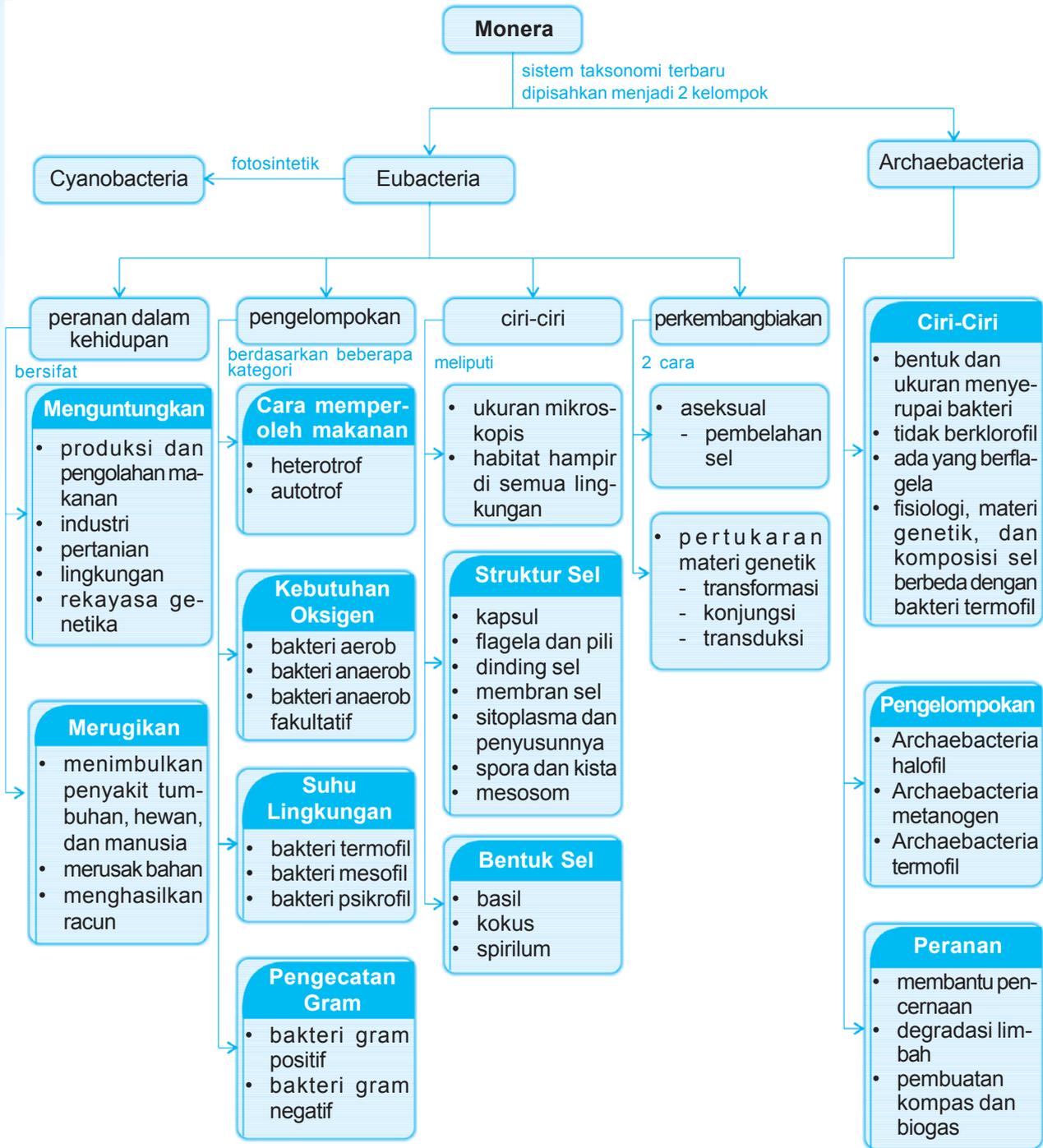
Kata kunci:

prokariot, bakteri, arkae, infeksi, gram positif, gram negatif, bakterioklorofil, antibiotik.



Peta Konsep

peta konsep



Nasi yang kamu biarkan di tempat terbuka selama beberapa hari akan menjadi basi. Kalau diamati dengan mikroskop, kamu akan menemukan banyak bakteri pembusuk di dalamnya. Apakah bakteri itu? Bagaimana bakteri hidup dan berkembang biak? Bagaimana ciri-ciri Eubacteria dan Archaeobacteria?

Eubacteria dan Archaeobacteria merupakan kelompok organisme mikroskopis uniseluler yang sederhana. Ciri kas kelompok ini adalah selnya belum mempunyai membran nukleus, sehingga kromosomnya tersebar di sitoplasma yang disebut *daerah inti*. Sel demikian disebut *sel prokariot*, sedangkan sel-sel yang telah mempunyai membran inti disebut *sel eukariot*. Masih ingatkah kamu, apakah yang dimaksud kromosom, ADN, inti sel, dan membran inti?

Kelompok organisme prokariot ini dalam sistem klasifikasi menurut **Copeland** (1956) dan **Whittaker** (1969) disatukan dalam kingdom Monera. Namun sistem klasifikasi terbaru yang diusulkan ahli mikrobiologi Amerika **Carl Woese** pada tahun 1977 dan 1990 Monera dipisahkan menjadi dua kelompok berdasarkan perbedaan struktur dinding sel dan fisiologinya yaitu *Archaeobacteria* dan *Eubacteria*. Eubacteria meliputi kelompok bakteri dan Cyanobacteria (bakteri fotosintetik, dulu disebut ganggang hijau biru). Sedangkan Archaeobacteria meliputi kelompok mikroorganisme yang hidup di lingkungan yang ekstrim dan mempunyai sifat fisiologis, materi genetik, dan komposisi sel yang berbeda dengan bakteri.

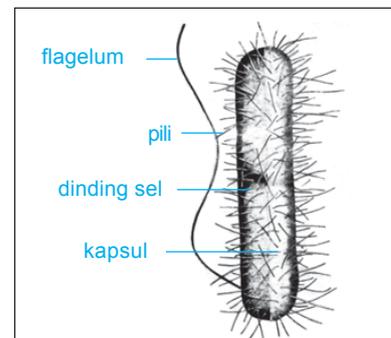
A Eubacteria

Eubacteria (bakteri) merupakan organisme mikroskopis uniseluler (bersel tunggal) yang paling banyak dijumpai di dunia. Ilmuwan yang meneliti bakteri pertama kali adalah **Antoni van Leeuwenhoek** pada tahun 1674 menggunakan mikroskop ciptaannya sendiri. Istilah bakteri diperkenalkan oleh **Ehrenberg** pada tahun 1828 yaitu dari bahasa Yunani *bacterium* yang berarti tongkat kecil. Berdasarkan fosil yang ditemukan, diduga bakteri telah ada sekurang-kurangnya 3,2 milyar tahun yang lalu. Ilmu yang mempelajari tentang bakteri disebut bakteriologi yang merupakan bagian dari mikrobiologi.

Bakteri dapat ditemukan hampir di semua tempat, baik di udara, air, tanah, laut, es, sumber air panas, hingga di dasar lautan, bahkan di lingkungan yang tidak memungkinkan bagi organisme lain untuk hidup. Penyebaran yang luas ini disebabkan karena ukurannya kecil, bentuknya sederhana, kemampuan metabolismenya tinggi, dan dapat menggunakan hampir semua jenis senyawa organik sebagai sumber makanannya.

1. Struktur dan Bentuk Bakteri

Sel bakteri berukuran sangat kecil dan bentuknya sederhana. Rata-rata panjangnya antara 2 – 10 mikrometer dan diameternya antara 0,1 – 2 mikrometer. Sel bakteri merupakan sel prokariotik (belum memiliki membran nukleus) yang dilingkupi oleh membran sel dan dinding sel yang kaku. Beberapa jenis bakteri mempunyai flagella dan pili pada permukaan selnya.

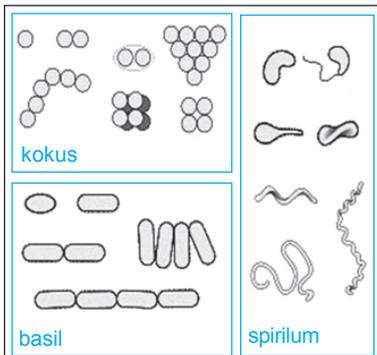


Gambar 3.1 Struktur sel bakteri.
Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005

Bio Info

Pewarnaan Gram

Struktur internal bakteri hanya dapat diamati dengan detail menggunakan mikroskop elektron. Untuk memudahkan pengamatan, dikembangkan berbagai metode pewarnaan. Metode pewarnaan yang sederhana adalah menggunakan tinta cina. Metode pewarnaan yang digunakan untuk identifikasi bakteri adalah pewarnaan gram yang dikembangkan oleh **Hans Christian Gram**. Bakteri yang akan diamati diletakkan pada gelas benda, kemudian diwarnai dengan pewarna kristal iodium sehingga sel bakteri berwarna biru. Ketika dicuci dengan etanol atau aseton beberapa jenis bakteri tetap berwarna biru, sedangkan yang lain kembali tidak berwarna. Berdasarkan kemampuannya untuk mempertahankan warna ini bakteri dibedakan menjadi bakteri gram positif (tetap berwarna biru) dan bakteri gram negatif (warna biru pada sel hilang). Selanjutnya bakteri diberi pewarna kedua yang berwarna pink. Ketika diamati dengan mikroskop, bakteri gram positif tampak berwarna biru sedangkan bakteri gram negatif berwarna pink.



Gambar 3.2 Berbagai macam bentuk sel dan koloni bakteri.

Sumber: www.wikipedia.com

a. Bentuk Bakteri

Secara umum terdapat tiga bentuk bakteri yaitu bentuk lurus seperti batang yang disebut *basil*, bentuk lonjong atau bola disebut *kokus*, dan bentuk panjang dan lengkung seperti spiral yang disebut *spirillum*. Ketika sel bakteri membelah, kadang-kadang sel anak yang dihasilkan tetap melekat satu dengan yang lain sehingga muncul beberapa tipe penataan sel seperti berpasangan, bergerombol, berantai, atau seperti filamen. Penataan ini khas untuk setiap jenis bakteri dan penting untuk proses identifikasi.

1) Basil

Sel bakteri basil berbentuk silindris seperti batang. Ujung sel bervariasi seperti persegi, bundar, meruncing, dan sebagainya. Pola penataan sel bakteri bentuk basil adalah sebagai berikut.

- Monobasilus*, yaitu hanya terdiri dari satu bakteri bentuk basil yang hidup soliter.
- Diplobasilus*, yaitu bakteri basil yang hidup berpasangan dua-dua.
- Streptobasilus*, yaitu bakteri basil yang hidup berkoloni memanjang membentuk rantai.

2) Kokus

Sel bakteri kokus berbentuk seperti bola, yang memiliki beberapa pola penataan.

- Monokokus*, yaitu hanya terdiri dari satu bakteri bentuk kokus yang hidup sendiri.
- Diplokokus*, yaitu bakteri kokus yang hidup berpasangan dua-dua yang saling melekat.
- Tetrakokus*, yaitu bakteri kokus yang hidup berkelompok dan pada setiap kelompok terdiri dari empat sel yang saling melekat.
- Streptokokus*, yaitu bakteri kokus yang hidup berkoloni saling berikatan memanjang seperti rantai.
- Sarkina*, yaitu bakteri kokus yang hidup berkelompok dan saling berikatan dengan penataan seperti kubus.
- Stafilokokus*, yaitu bakteri kokus yang hidup berkelompok dengan pola penataan yang tidak teratur, atau menyerupai gerombolan buah anggur.

3) Spirillum

Bakteri spirillum berbentuk panjang dan lengkung menyerupai spiral, berkelok, atau melengkung. Biasanya bakteri bentuk ini hidup soliter, tidak membentuk koloni. Meskipun bentuk dasarnya sama, tiap jenis bakteri spirillum mempunyai perbedaan dalam hal panjang, jumlah lekukan, panjang lekukan, dan kerapatan lekukan.

b. Flagela dan Pili

Beberapa jenis bakteri mempunyai flagela yang kecil, kaku, dan berpilin yang dapat digunakan untuk berpindah tempat dengan gerakan berenang. Flagela bakteri panjangnya

berkisar antara 3 – 12 nanometer, dengan diameter antara 10 – 20 nanometer. Tidak semua bakteri mempunyai flagela, umumnya hanya bakteri bentuk basil dan spirillum yang memilikinya. Berdasarkan letak flagelanya, bakteri dibedakan menjadi 5 kelompok.

- 1) *Atrik*, yaitu bakteri yang tidak mempunyai flagela.
- 2) *Monotrik*, yaitu bakteri yang mempunyai satu buah flagela.
- 3) *Lofotrik*, yaitu bakteri yang mempunyai sekelompok flagela pada salah satu ujung sel.
- 4) *Amfitrik*, yaitu bakteri yang mempunyai flagela pada dua ujung sel, baik flagela tunggal maupun berkelompok pada setiap ujung selnya.
- 5) *Peritrik*, yaitu bakteri yang seluruh permukaan sel dikelilingi oleh flagela.

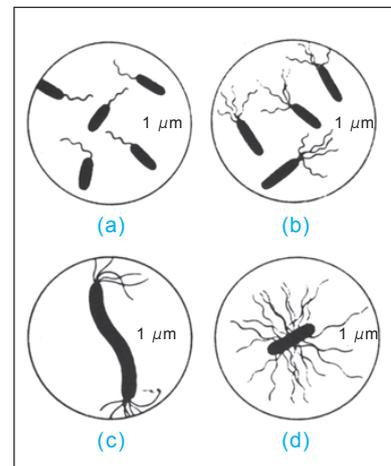
Beberapa bakteri, misalnya *Escherichia coli* dan *Neisseria gonorrhoeae* mempunyai bentuk seperti flagela pendek dan lurus yang disebut *pili*. *Pili* (disebut juga *fimbria*) berukuran lebih pendek dari flagela, panjangnya hanya beberapa mikrometer dengan diameter yang lebih kecil dan bentuk yang lebih lurus dibandingkan flagela. *Pili* umumnya hanya ditemukan pada bakteri gram negatif. *Pili* berguna sebagai alat bantu bakteri untuk menempel di berbagai permukaan, termasuk pekatannya pada jaringan hewan atau tumbuhan yang ditemeli. Pada sel-sel bakteri yang melakukan konjugasi (pertukaran materi genetik), pertukaran ADN antara dua sel terjadi melalui *pili seks*.

c. Kapsul

Beberapa jenis bakteri seperti *Pneumococcus* (penyebab penyakit pneumonia) selnya dikelilingi oleh lapisan lendir kental yang disebut kapsul. Ketebalan kapsul bervariasi dari sangat tipis hingga sangat tebal. Kapsul dibuat di dalam sitoplasma dan dikeluarkan melewati dinding sel. Kapsul biasanya tersusun atas polimer karbohidrat sederhana. Selain sebagai pelindung kapsul juga berfungsi sebagai cadangan makanan. Pada bakteri patogen seperti *Streptococcus pneumoniae*, kapsul berhubungan dengan sifat patogenitasnya. Bakteri yang kehilangan kapsulnya akan kehilangan kemampuan untuk menginfeksi.

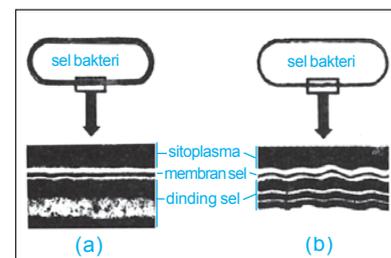
d. Dinding Sel

Sel bakteri dibatasi oleh membran sitoplasma dan dinding sel. Dinding sel bakteri berbeda dengan dinding sel tumbuhan, karena tidak mengandung selulosa dan susunannya lebih rumit. Tebal dinding sel bakteri umumnya berkisar antara 10 – 35 nanometer. Adanya dinding sel menyebabkan bentuk sel bakteri selalu tetap. Dinding sel bakteri tersusun atas *peptidoglikan* atau mukopeptida, yaitu polisakarida yang berikatan dengan protein. *Bakteri gram positif* dinding selnya cukup tebal, terdiri dari satu lapis yang banyak mengandung *peptidoglikan* dan asam tekoat.



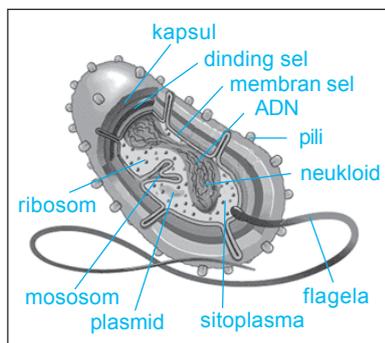
Gambar 3.3 Tipe penataan flagela pada bakteri: (a) monotrik, (b) lofotrik, (c) amfitrik, (d) peritrik.

Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005



Gambar 3.4 Skema dinding sel: (a) bakteri gram positif dan (b) bakteri gram negatif.

Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005



Gambar 3.5 Struktur umum sel bakteri.
Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Bakteri gram negatif dinding selnya lebih tipis, terdiri atas 3 lapis dengan lapisan tengah berupa peptidoglikan dan tidak mengandung asam tekoat.

e. Struktur Sel

Berbatasan dengan dinding sel terdapat membran sitoplasma. Di dalam sitoplasma terdapat beberapa organel yang penting untuk kehidupan sel bakteri.

1) Membran sitoplasma

Membran sitoplasma berperan penting dalam proses transportasi zat dan tempat untuk berlangsungnya reaksi-reaksi biokimiawi bagi sel. Membran sel tersusun atas protein dan lemak seperti membran sel eukariotik.

Pada tempat-tempat tertentu pada membran sitoplasma terdapat tonjolan-tonjolan ke dalam membentuk struktur yang disebut *mesosom*. Adanya mesosom akan memperluas permukaan sel sebelah dalam. Pada mesosom terdapat banyak enzim, sehingga diperkirakan menjadi tempat pembentukan energi bagi bakteri. Mesosom juga berperan dalam sintesis dinding sel dan pembelahan sel.

2) Sitoplasma

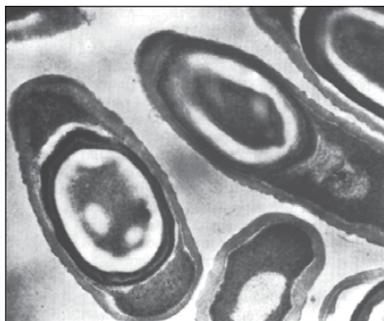
Sitoplasma merupakan tempat berlangsungnya reaksi biokimiawi dalam metabolisme sel. Sitoplasma tersusun atas koloid yang berisi nutrisi, inklusi, ribosom, enzim, dan ADN.

Inklusi merupakan suatu kantong yang dibatasi membran serupa dengan membran sitoplasma yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan hasil metabolisme. Terdapat beberapa jenis inklusi, misalnya inklusi yang berisi glikogen, volutin (suatu bentuk fosfat anorganik), dan lemak. Ribosom merupakan tempat untuk sintesa protein. Ribosom pada bakteri ukurannya lebih kecil daripada ribosom sel eukariotik dan tipe ARN-ribosomnya juga berbeda. Kerja ribosom bakteri lebih mudah dihambat oleh antibiotik dibandingkan ribosom sel eukariotik.

ADN bakteri merupakan materi genetik yang berbentuk sirkuler, terdiri dari dua utas polinukleotida yang berpilin, terletak di tengah sel yang disebut *daerah nukleus/daerah inti* yang tidak dibatasi membran inti.

3) Spora dan Kista

Beberapa jenis bakteri menghasilkan *spora*, baik di luar sel (eksospora) maupun di dalam sel (endospora). Spora merupakan sel bakteri yang dorman (tidak aktif) yang terbentuk karena kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Spora ini tahan terhadap radiasi sinar ultraviolet, panas, dan kekeringan serta tahan terhadap bahan kimiawi seperti desinfektan. Jika kondisi lingkungan telah sesuai, spora akan berkecambah dan menghasilkan sel bakteri seperti sel asalnya. Contoh bakteri yang menghasilkan endospora adalah *Bacillus* dan *Clostridium*. Pada *Azotobacter* dan *Bdellovibrio* bila



Gambar 3.6 Endospora bakteri.
Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005

keadaan lingkungan tidak menguntungkan, sel membentuk dinding yang lebih tebal dan menjadi dorman. Struktur seperti ini disebut *kista*.

Untuk mengamati bentuk-bentuk bakteri, lakukanlah **Kegiatan 3.1** berikut ini.

Kegiatan 3.1

Mengamati Bentuk-Bentuk Bakteri

A. Alat dan Bahan

Alat : 1. Mikroskop dan perlengkapannya
2. Pipet tetes
3. Pinset
4. Pembakar spiritus
5. Jarum inokulasi
6. Carta sel bakteri

Bahan: 1. Kultur bakteri dari kentang atau bahan lain
2. Larutan metilen biru
3. Alkohol 70%

B. Cara Kerja

1. Membuat kultur bakteri dari kentang
 - a. Bersihkan beberapa buah kentang dan rebus hingga matang.
 - b. Dinginkan dan biarkan di tempat terbuka selama \pm 4 hari.
2. Mengamati bentuk bakteri
 - a. Ambillah kaca objek dan bersihkan dengan kapas yang dibasahi alkohol 70%.
 - b. Sterilkan jarum inokulasi dengan cara membakarnya hingga membara dengan pembakar spiritus.
 - c. Sentuhkan jarum inokulasi pada suatu koloni bakteri dan oleskan secara merata pada kaca objek.
 - d. Lakukan fiksasi dengan cara melewatkan preparat di atas nyala api sebanyak tiga kali berturut-turut dengan selang waktu 1 detik.
 - e. Teteskan metilen biru pada preparat dan biarkan mengering.
 - f. Cucilah preparat dengan air mengalir agar sisa metilen biru menghilang dan keringkan dengan cara diangin-anginkan.
 - g. Amati preparat dengan mikroskop pada perbesaran kuat.
 - h. Gambarlah bentuk-bentuk bakteri yang ditemukan, kemudian bandingkan dengan literatur.
 - i. Ulangilah kegiatan ini dengan mengambil bakteri dari koloni yang berbeda.

C. Pertanyaan

1. Jelaskan pentingnya perlakuan sterilisasi, fiksasi, dan pemberian metilen biru dalam kegiatan ini.
2. Tulis dan sebutkan macam-macam bentuk bakteri yang dapat ditemukan.

Tugas 3.1

Sel bakteri termasuk sel prokariotik, sedangkan Protista, Jamur, Animalia, dan Plantae mempunyai sel eukariotik. Jelaskan perbedaan antara sel prokariotik dan sel eukariotik.

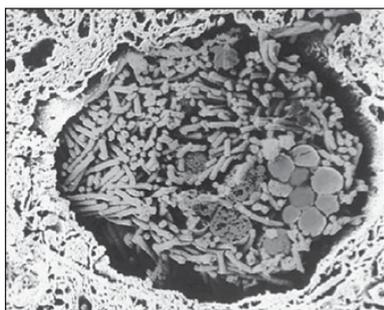
2. Nutrisi dan Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan Bakteri

Untuk dapat hidup, bakteri memerlukan nutrisi yang tepat. Semua sel bakteri membutuhkan sumber karbon, nitrogen, belerang, fosfor, garam-garam anorganik (misalnya kalium, magnesium, natrium, kalsium, dan besi), dan sejumlah mikro-nutrien (antara lain seng, tembaga, mangan, selenium, tungsten, dan molibdenum dalam jumlah sedikit).

Terdapat dua jenis sumber karbon bagi bakteri, yaitu karbon yang berasal komponen organik dan dari komponen anorganik. Berdasarkan cara memperoleh makanan (sumber karbon), bakteri dibedakan menjadi bakteri heterotrof dan autotrof.

a. Bakteri Heterotrof

Bakteri heterotrof memerlukan karbon yang berasal dari komponen organik. Bakteri jenis ini tidak dapat membuat senyawa organik dari substansi anorganik sederhana, jadi selalu hidup dengan memperoleh makanan dari organisme lain. Kelompok terbesar bakteri heterotrof adalah bakteri *saprofit*, yaitu bakteri yang memperoleh zat organik dari penguraian sampah, bangkai, kotoran, dan sebagainya. Dalam proses penguraian itu dihasilkan CO_2 , H_2O , energi, dan mineral-mineral. Kelompok bakteri heterotrof yang lain memperoleh makanan langsung dari organisme lain, disebut bakteri *parasit*. Bakteri parasit ditemukan pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Bakteri parasit yang menyebabkan penyakit disebut bakteri *patogen*, misalnya *Bacillus anthracis* yang menyebabkan penyakit antraks pada sapi. Beberapa jenis bakteri parasit tidak menimbulkan penyakit pada organisme yang ditumpanginya dan disebut bakteri *apatogen*, misalnya *Escherichia coli* yang hidup di usus besar manusia.



Gambar 3.7 *Bacillus anthracis* menyebabkan penyakit antraks pada ternak.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

b. Bakteri Autotrof

Bakteri autotrof dapat menggunakan karbon anorganik atau karbon dioksida bebas (CO_2) sebagai sumber karbon. Bakteri jenis ini dapat membuat senyawa organik dari zat-zat anorganik, jadi dapat menyusun makanan sendiri. Berdasarkan sumber energi yang dipergunakan untuk mensintesis senyawa organik, bakteri autotrof dibedakan menjadi bakteri fotoautotrof dan bakteri kemoautotrof.

1) Bakteri fotoautotrof

Bakteri fotoautotrof menggunakan energi cahaya untuk mensintesis senyawa organik yang diperlukan melalui proses fotosintesis. Bakteri ini mempunyai klorofil yang disebut *bakterioklorofil*. Contohnya adalah bakteri sulfur hijau, bakteri sulfur ungu, dan bakteri nonsulfur ungu. Proses fotosintesis pada bakteri dilakukan secara anaerobik dan tidak dihasilkan oksigen.

2) Bakteri kemoautotrof

Bakteri kemoautotrof menggunakan energi kimia dari oksidasi molekul organik untuk menyusun makanannya. Molekul organik yang dapat digunakan oleh bakteri

kemoautotrof adalah senyawa nitrogen, belerang, dan besi, atau dari oksidasi gas hidrogen. Dalam prosesnya bakteri ini membutuhkan oksigen. Contohnya adalah bakteri besi, bakteri belerang, dan bakteri nitrogen.

Selain ketersediaan nutrisi, bakteri juga memerlukan kondisi lingkungan yang memungkinkan untuk tumbuh optimum. Kondisi lingkungan sangat memengaruhi aktivitas dan pertumbuhan bakteri. Berikut ini dijelaskan beberapa faktor yang memengaruhi pertumbuhan bakteri.

a. Oksigen

Reaksi biokimiawi dalam proses metabolisme memerlukan energi yang dihasilkan melalui respirasi. Dalam respirasi, ada bakteri yang memerlukan oksigen dan ada pula yang tidak memerlukan oksigen. Berdasarkan kebutuhan terhadap oksigen, bakteri dibedakan menjadi tiga kelompok.

1) *Bakteri aerob obligat*

Bakteri aerob obligat memerlukan oksigen bebas dalam proses respirasi. Bakteri ini hanya dapat tumbuh di tempat yang cukup tersedia oksigen. Oksigen diperlukan untuk memecah bahan organik (zat makanan) sehingga diperoleh energi. Bakteri jenis ini menyukai tempat hidup yang dapat berhubungan dengan udara bebas. Contohnya adalah *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mycobacterium tuberculosis*, dan *Thiobacillus ferrooxidans*.

2) *Bakteri anaerob obligat*

Bakteri anaerob obligat tidak memerlukan oksigen bebas untuk melangsungkan proses respirasi. Bakteri ini hanya dapat tumbuh di tempat yang tidak mengandung oksigen bebas. Untuk respirasinya, bakteri jenis ini mempunyai enzim tertentu yang spesifik guna memecah bahan organik (menghasilkan energi) dalam keadaan anaerob. Contoh bakteri anaerob obligat adalah *Clostridium tetani*, *Methanobacterium*, dan *Bacteroides*.

3) *Bakteri anaerob fakultatif*

Bakteri anaerob fakultatif dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan dengan konsentrasi oksigen yang rendah. Oksigen tidak diperlukan dalam pembentukan energi, tetapi dapat memacu proses metabolisme, sehingga keberadaan sedikit oksigen mengakibatkan proses respirasi lebih efisien dibandingkan keadaan anaerob. Contohnya adalah *Streptococcus pneumoniae*, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus*.

b. Suhu

Laju pertumbuhan bergantung pada reaksi biokimiawi dan reaksi ini dipengaruhi oleh suhu. Dengan demikian pola pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh suhu. Suhu optimum yang dikehendaki bakteri untuk pertumbuhan berbeda-beda. Suhu optimum merupakan suhu yang paling baik/sesuai untuk kehidupan suatu jenis bakteri.

Bio Info

Adakah Bakteri di Luar Bumi?

Bakteri dapat hidup di tempat yang ekstrim, misalnya ditemukan bakteri yang hidup di tempat yang sangat alkalis (basa) dengan pH 11,5. Bakteri lain mampu hidup di tempat dengan kadar garam dan amonia yang tinggi. Hal ini menimbulkan dugaan bahwa bakteri juga dapat dijumpai di luar bumi. Namun demikian contoh tanah Bulan yang dibawa astronot tidak menunjukkan adanya jasad renik. Demikian juga wahana penyelidikan yang diluncurkan untuk menyelidiki kehidupan di planet lain belum berhasil menunjukkan adanya kehidupan mikroorganisme di luar Bumi.



Gambar 3.8 *Escherichia coli* merupakan bakteri anaerob obligat.

Sumber: www.wikipedia.com



Gambar 3.9 *Salmonella typhi* merupakan patogen pada manusia, termasuk bakteri mesofil.

Sumber: www.wikipedia.com

Berdasarkan suhu optimumnya, bakteri dibedakan menjadi tiga kelompok.

- 1) *Bakteri psikrofil*, dapat tumbuh pada suhu $0^{\circ} - 30^{\circ}\text{C}$ dengan suhu optimum 15°C . Contoh bakteri psikrofil adalah *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, dan *Alcaligenes*.
- 2) *Bakteri mesofil*, dapat tumbuh pada suhu $25^{\circ} - 37^{\circ}\text{C}$ dengan suhu optimum 32°C . Umumnya bakteri jenis ini hidup di dalam alat pencernaan. Beberapa jenis bakteri bahkan dapat hidup dengan baik pada suhu sekitar 40°C . Semua jenis bakteri yang bersifat patogen pada hewan merupakan bakteri mesofil.
- 3) *Bakteri termofil*, dapat tumbuh pada daerah yang suhunya tinggi, lebih dari 40°C . Temperatur optimumnya antara $55 - 60^{\circ}\text{C}$. Bakteri ini dijumpai pada sumber-sumber air panas, kawah gunung berapi, geiser, dan sebagainya. Contoh bakteri termofil adalah *Thermus aquaticus*, *Sulfolobus acidocaldarius*, dan *Chloroflexus*.

c. Kelembapan

Bakteri dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan yang lembap. Jika keadaan lingkungan menjadi kering, kegiatan metabolismenya terhenti. Dalam keadaan ini bakteri akan membentuk spora yang dapat bertahan hidup dalam jangka waktu yang lama.

d. Tekanan Osmosis

Sel bakteri mempunyai tekanan osmosis tertentu, sehingga menghendaki lingkungan yang tekanan osmosisnya sama dengan tekanan osmosis sel (*isotonis*). Jika sel bakteri berada pada lingkungan yang *hipertonis* (misalnya dalam larutan gula/garam yang pekat) pertumbuhannya akan terhambat karena dapat menyebabkan *plasmolisis*, yaitu terlepasnya membran sel dari dinding sel. Namun demikian beberapa jenis bakteri diketahui dapat menyesuaikan diri terhadap kadar garam atau kadar gula yang tinggi. Bakteri yang dapat hidup di lingkungan yang berkadar garam tinggi disebut bakteri *halofil*, misalnya *Halobacterium*.

e. Derajat Keasaman/pH

Setiap jenis bakteri menghendaki pH tertentu untuk dapat tumbuh optimum. Hal ini berkaitan dengan batas pH bagi kerja enzim. Derajat keasaman di luar batas nilai optimum menyebabkan kerusakan pada enzim, sehingga metabolisme sel terganggu. Beberapa jenis bakteri dapat hidup dengan baik pada pH tinggi (lingkungan bersifat basa) maupun pada pH rendah (lingkungan bersifat asam), namun kebanyakan bakteri memerlukan pH antara $6,5 - 7,5$. *Thiobacillus ferrooxidans* dapat tumbuh dengan baik pada pH 1,3.

f. Radiasi

Pada umumnya radiasi cahaya menyebabkan kerusakan pada bakteri nonfotosintetik. Cahaya dengan panjang gelombang yang pendek jika dipaparkan pada bakteri akan

menyebabkan ionisasi komponen sel yang dapat berakibat pada kematian. Oleh karena itu energi radiasi dari sinar X, sinar gamma, dan sinar ultraviolet banyak digunakan untuk sterilisasi bahan makanan.

g. Senyawa Kimia

Beberapa bahan kimia seperti antibiotik dan desinfektan dapat merusak dan mematikan sel bakteri, sehingga keberadaan bahan kimia dapat menghambat pertumbuhan bakteri.

Tugas 3.2

Beberapa jenis bakteri dapat hidup di dalam lambung hewan ruminansia seperti sapi, kerbau, dan domba. Para ahli telah meneliti dan mengembangkan jenis-jenis bakteri ini karena dapat membantu meningkatkan produksi daging dan susu. Carilah informasi jenis-jenis bakteri tersebut dan diskusikan dengan kelompokmu mengapa keberadaannya dapat meningkatkan produktivitas ruminansia.

Bio Info

Plasmid

Plasmid adalah ADN nonkromosom pada bakteri, yaitu ADN sirkuler yang menyandikan gen-gen tertentu yang terletak di luar kromosom bakteri. Ukuran plasmid jauh lebih kecil, yaitu hanya sekitar sepersepuluh dari ukuran kromosom bakteri. Plasmid dapat melakukan replikasi seperti kromosom. Dalam satu sel bakteri dapat ditemukan antara 10 – 20 plasmid.

3. Perkembangbiakan dan Rekombinasi pada Bakteri

Bakteri berkembang biak secara asexual dengan pembelahan sel. Pada akhir pembelahan sel, membran plasma dan dinding sel tumbuh ke arah dalam yang membagi sel menjadi dua. Dinding sel yang baru kemudian memisahkan kedua sel anak. Bila dinding sel ini tidak memisah atau memisah kurang sempurna, maka akan terbentuk rantai/koloni bakteri.

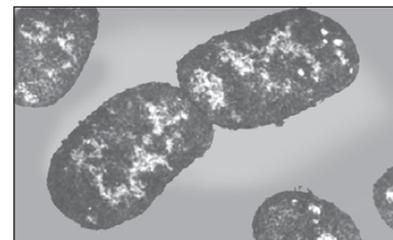
Pada bakteri tidak ditemukan reproduksi seksual yang melibatkan peleburan sel gamet dengan diikuti pengurangan jumlah kromosom. Namun pada beberapa bakteri terjadi pemindahan bahan genetik dari satu sel ke sel yang lain. Sel yang memberikan bahan genetik disebut *sel donor* dan sel yang menerima bahan genetik disebut *sel resipien*. Penggabungan dua jenis bahan genetik ini disebut *rekombinasi*. Rekombinasi bahan genetik dapat terjadi melalui tiga cara, yaitu *transformasi*, *konjugasi*, dan *transduksi*.

a. Transformasi

Transformasi adalah pemindahan bahan genetik dari satu sel ke sel yang lain tanpa melalui kontak langsung. Pada keadaan tertentu (misalnya perlakuan dengan kalsium klorida/ CaCl_2) bakteri dapat mengambil potongan ADN dari luar sel secara langsung. Pemindahan materi genetik juga dapat berlangsung melalui perantara plasmid. Jika plasmid suatu bakteri masuk ke dalam bakteri yang lain maka akan terjadi *rekombinasi*. Contoh bakteri yang diketahui dapat melakukan transformasi secara alami adalah *Haemophilus*, *Neisseria*, *Streptococcus*, dan *Bacillus*.

b. Konjugasi

Konjugasi adalah pemindahan bahan genetik dari sel donor ke sel resipien secara langsung melalui saluran konjugasi sehingga kedua sel saling berhubungan. Melalui saluran



Gambar 3.10 Pembelahan sel pada bakteri *Escherichia coli*.

Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005

konjugasi ini materi genetik sel donor berpindah ke sel resipien sehingga terjadi rekombinasi genetik. Tentu kamu masih ingat struktur pili pada permukaan sel bakteri. Pili inilah yang digunakan sebagai saluran konjugasi yang disebut *pili seks*.

c. Transduksi

Transduksi adalah pemindahan bahan genetik melalui perantara virus bakteri (bakteriofag). Coba kamu ingat lagi proses replikasi virus. Ketika terjadi sintesis partikel-partikel virus, sebagian kecil ADN sel inang dapat bergabung dengan materi genetik virus. Jika virus ini kemudian menginfeksi bakteri yang lain, maka fragmen-fragmen ADN bakteri yang terbawa dapat bergabung dengan ADN sel inang yang menyebabkan terjadinya rekombinasi.

Tugas 3.3

Jika keadaan lingkungan menguntungkan, sel-sel bakteri akan membelah menjadi dua setiap 20 menit. Berapakah jumlah bakteri yang dihasilkan dari pembelahan satu sel bakteri dalam satu hari? Jika demikian, mengapa bumi tidak segera penuh sesak dengan bakteri?

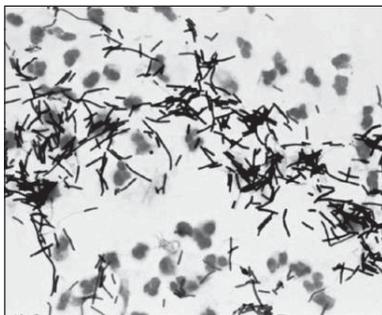
4. Peran Bakteri dalam Kehidupan

Dalam ekosistem bakteri berperan penting sebagai pembusuk yang menguraikan bahan-bahan organik dan sisa-sisa organisme menjadi bahan anorganik yang dapat digunakan tumbuhan. Diperkirakan dalam satu gram tanah yang subur terdapat miliaran bakteri beserta ribuan mikroorganisme lain. Bayangkan seandainya sisa-sisa organisme tidak ada yang menguraikan, maka bumi ini akan segera penuh sesak dengan sisa-sisa makhluk hidup. Kamu harus bersyukur atas karunia Tuhan yang telah menciptakan alam ini dengan keseimbangannya yang sempurna. Selain berperan penting dalam ekosistem, bakteri dapat memberi manfaat bagi manusia dan ada pula yang merugikan.

a. Bakteri yang Menguntungkan

Bakteri menghasilkan antibiotik seperti tirotrisin, basitrasin, streptomisin, teramisin, dan polimiksin yang berguna dalam pengobatan. Beberapa jenis bakteri dimanfaatkan secara luas untuk membuat bahan organik dan makanan seperti keju, asam asetat, dan berbagai asam amino. Berikut ini adalah beberapa contoh bakteri yang menguntungkan.

- 1) *Lactobacillus bulgaricus* dan *L. acidophilus* untuk membuat yoghurt.
- 2) *Lactobacillus casei* digunakan dalam pembuatan keju.
- 3) *Rizobium* bersimbiosis dengan akar tanaman kacang-kacangan dapat menambat nitrogen dari udara bebas sehingga dapat menyuburkan tanah.
- 4) *Acetobacter xylinum* digunakan dalam proses pembuatan nata de coco dari air kelapa.



Gambar 3.11 Bakteri *Lactobacillus acidophilus* yang digunakan untuk pembuatan yoghurt.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

- 5) *Escherichia coli* yang hidup di dalam usus besar manusia membantu membusukkan sisa-sisa makanan dan menghasilkan vitamin K.
- 6) *Streptococcus griceus* menghasilkan antibiotik streptomisin.
- 7) Pada pengolahan limbah, diperlukan bakteri aerob untuk mengoksidasi limbah, sehingga daya racun limbah terhadap lingkungan berkurang.
- 8) Pada pembuatan biogas, bakteri mengubah sampah dan kotoran menjadi biogas yang terutama terdiri atas gas metana. Gas metana dapat digunakan sebagai bahan bakar dan penerangan.
- 9) Dalam rekayasa genetika, ADN bakteri dimodifikasi sehingga menghasilkan protein tertentu yang dibutuhkan manusia. Dengan demikian dapat diperoleh sejumlah besar protein/enzim dalam waktu relatif singkat.

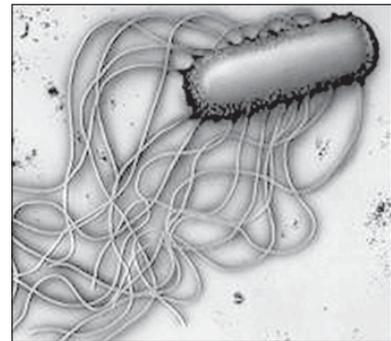
b. Bakteri yang Merugikan

Banyak bakteri yang bersifat merugikan karena menimbulkan penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Bakteri juga menyebabkan banyak kerusakan pada makanan, bahan pangan, dan menghasilkan toksin/racun. Berikut ini contoh beberapa jenis bakteri yang merugikan.

- 1) *Clostridium tetani* menyebabkan penyakit tetanus.
- 2) *Salmonella typhi* menyebabkan penyakit tifus.
- 3) *Diplococcus pneumonia* menyebabkan penyakit pneumonia/radang paru-paru.
- 4) *Bacillus anthracis* menyebabkan penyakit antraks pada sapi, kerbau, dan domba.
- 5) *Aspergillus flavus* merusak biji kacang-kacangan yang disimpan dan menghasilkan racun aflatoksin yang berbahaya.
- 6) *Erwinia tracheiphila* menyebabkan penyakit busuk daun pada tanaman labu.

c. Usaha Pencegahan

Usaha untuk mencegah serangan bakteri adalah menjaga kebersihan, pola hidup higienis, dan melakukan sterilisasi pada peralatan. Penyakit karena bakteri dapat diatasi dengan pemberian vaksin dan antibiotik. Serangan bakteri pada tanaman dapat diatasi dengan pemberian bakterisida. Untuk mencegah kerusakan makanan dan bahan pangan dilakukan berbagai upaya pengawetan seperti pemanasan, pendinginan, pembekuan, pengeringan, pengasapan, pengasaman, pengasinan, dibuat manisan, pasteurisasi, radiasi, dan menggunakan bahan kimia.



Gambar 3.12 *Salmonella typhi* menyebabkan penyakit tifus pada manusia.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Tugas 3.4

Carilah informasi jenis-jenis penyakit yang disebabkan oleh bakteri baik pada hewan, tumbuhan, dan manusia. Kemukakan pula usaha-usaha untuk pencegahannya.

B Cyanobacteria

Cyanobacteria juga disebut ganggang hijau biru karena berwarna hijau kebiruan. Cyanobacteria merupakan kelompok bakteri yang mempunyai klorofil di dalam sitoplasmanya sehingga dapat melakukan fotosintesis. Cyanobacteria dapat ditemukan hampir di semua tempat yang lembab seperti tanah yang lembab, perakaran tanaman, dan hampir di semua lingkungan perairan, dari mata air panas sampai ke danau beku di Antartika. Namun Cyanobacteria tidak ditemukan pada lingkungan perairan yang asam.

1. Ciri dan Struktur Cyanobacteria

Ciri dan struktur Cyanobacteria menyerupai bakteri pada umumnya. Semua Cyanobacteria mengandung klorofil a seperti pada tumbuhan tingkat tinggi. Klorofil pada bakteri disebut *bakterioklorofil*. Selain klorofil a, Cyanobacteria mempunyai beberapa pigmen tambahan termasuk *karotenoid*. Warna biru pada Cyanobacteria disebabkan oleh pigmen biru atau *fikosianin*. Beberapa jenis Cyanobacteria juga mempunyai pigmen merah atau *fikoeritrin* di dalam selnya. Klorofil dan pigmen-pigmen tambahan itu tidak terdapat dalam plastida, melainkan tersebar pada sistem membran sel.

Dinding sel Cyanobacteria tidak mengandung selulosa, tetapi tersusun dari peptidoglikan seperti dinding sel bakteri. Jika dites dengan pewarna gram, dinding sel Cyanobacteria menunjukkan sifat sebagai gram negatif. Cyanobacteria menyimpan cadangan makanan berupa polisakarida yang disebut *sianofisin*. Selain karbohidrat, Cyanobacteria juga menyimpan lemak dan protein. Sel-sel Cyanobacteria tidak mempunyai silia, flagela, maupun alat penggerak yang lain. Namun demikian beberapa Cyanobacteria yang berbentuk filamen dapat bergerak.

Semua Cyanobacteria berukuran mikroskopis, namun sering tumbuh dalam kelompok yang besar sehingga panjangnya dapat mencapai lebih dari satu meter. Cyanobacteria ada yang hidup uniseluler dan ada yang berkoloni. Contoh Cyanobacteria uniseluler adalah *Croococcus* dan *Gloeocapsa*. Koloni Cyanobacteria dapat berbentuk seperti benang atau filamen, bercabang-cabang, atau tidak beraturan. Setiap sel dalam koloni bereproduksi dengan membelah. Sel baru yang dihasilkan dapat tetap berkoloni atau melepaskan diri dan membentuk koloni yang terpisah. Pada Cyanobacteria yang berkoloni, sel satu dengan yang lain saling melekat pada dinding selnya tanpa ada hubungan sitoplasma. Jadi setiap sel dalam koloni tetap hidup secara mandiri. Contoh Cyanobacteria berkoloni adalah *Polycystis* dan *Spirulina*, sedangkan Cyanobacteria berbentuk filamen/



Gambar 3.13 Anabaena merupakan Cyanobacteria yang berbentuk filamen.

Sumber: www.wikipedia.com

Tugas 3.5

Pencemaran air oleh pupuk sisa pertanian menyebabkan penyuburan perairan sehingga pertumbuhan alga di perairan itu sangat pesat yang disebut eutrofikasi. Air dari perairan ini berbahaya jika diminum oleh hewan atau manusia karena mengandung racun sianotoksin. Diskusikan dengan teman-temanmu bahaya eutrofikasi dan upaya-upaya untuk mencegahnya.

2. Reproduksi

Reproduksi Cyanobacteria uniseluler adalah dengan *pembelahan sel*. Cyanobacteria yang berkoloni melakukan reproduksi dengan *fragmentasi*. Fragmen multiseluler yang dihasilkannya disebut *hormogonium*.

Pada Cyanobacteria yang berkoloni berbentuk filamen, misalnya *Nostoc* dan *Anabaena*, dapat membentuk *heterosista*, yaitu sel-sel berukuran lebih besar dengan dinding berlapis banyak yang berbeda dengan sel-sel di sekitarnya. Di dalam sel ini terletak tilakoid yang tertata dalam pola konsentris. Heterosista dapat melepaskan diri dari filamen induknya dan tumbuh menjadi individu baru. Pada keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan, sel-sel vegetatif Cyanobacteria dapat berubah menjadi spora berdinding tebal yang disebut *akinet*. Di dalam akinet terkonsentrasi cadangan karbohidrat sianofisin yang mengandung protein. Akinet sangat tahan terhadap lingkungan yang kurang baik dan masih dapat berkecambah untuk menghasilkan individu baru setelah melampaui masa dorman yang lama, mencapai 87 tahun. Pada Cyanobacteria juga ditemukan rekombinasi genetik seperti pada bakteri.

3. Peran Cyanobacteria dalam Kehidupan

Beberapa Cyanobacteria berperan sebagai plankton di lautan. Jenis Cyanobacteria yang lain hidup di air tawar. Cyanobacteria yang hidup di sekitar mata air panas sering membentuk lapisan endapan kapur yang tebal di sekitar koloninya. Beberapa jenis Cyanobacteria dapat menambat nitrogen misalnya *Nostoc*, sehingga dapat hidup di bebatuan dan tanah yang tandus.

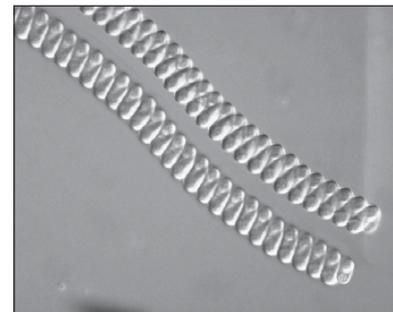
Cyanobacteria yang bersimbiosis dengan tumbuhan air dapat menyuburkan perairan. Contohnya *Anabaena azolae* yang bersimbiosis dengan *Azola pinata*. Cyanobacteria lain mampu mengikat nitrogen bebas adalah *Nostoc*, dan *Gloeocapsa*. Cyanobacteria dapat bersimbiosis dengan amoeba, protozoa berflagela, diatom, alga hijau tak berklorofil, Cyanobacteria yang lain, tumbuhan tingkat tinggi, dan cendawan.

Beberapa jenis Cyanobacteria dikembangkan sebagai sumber makanan atau *protein sel tunggal*. Salah satu jenis yang populer adalah *Spirulina* yang mengandung protein tinggi dan aman dikonsumsi.

Bio Info

Stromatolit

Di perairan tropis dangkal Cyanobacteria dapat membentuk gundukan menyerupai batu yang disebut stromatolit. Fosil stromatolit ditemukan dalam bentuk membatu yang telah berumur lebih dari 3 miliar tahun, yaitu terbentuk pada masa Precambrian. Diperkirakan pada zaman dahulu Cyanobacteria berperan dalam mengubah atmosfer purba yang kaya karbon dioksida menjadi atmosfer dengan komposisi kaya nitrogen dan oksigen serta miskin karbon dioksida seperti sekarang ini.



Gambar 3.14 Spirulina dimanfaatkan sebagai protein sel tunggal.

Sumber: www.wikipedia.com

Beberapa Cyanobacteria yang hidup di perairan menghasilkan racun, sehingga dapat membunuh organisme yang hidup/menggunakan air di perairan tersebut. Cyanobacteria juga dapat hidup di tembok dan batu (candi) sehingga merusak bangunan dari tembok dan batu.

Tugas 3.6

Beberapa Cyanobacteria yang digunakan sebagai sumber pangan PST (protein sel tunggal) dipercaya dapat meningkatkan kualitas kesehatan manusia. Namun demikian konsumsi PST terus-menerus diduga membahayakan kesehatan. Carilah informasi bahaya kesehatan yang ditimbulkan oleh PST.

C

Archaebacteria

Archaebacteria meliputi kelompok bakteri yang mempunyai beberapa perbedaan komposisi sel, fisiologi, dan materi genetik dengan kelompok Eubacteria. Organisme dalam kelompok Archaebacteria disebut *arkae*. Perbedaan pokok antara Archaebacteria dengan Eubacteria adalah komposisi lemak pada dinding sel dan perbedaan lintasan metabolisme, enzim, dan kofaktor enzim. Dinding sel Archaebacteria tidak mengandung peptidoglikan, atau jika ada tidak mengandung asam muramat. Meskipun dapat bersifat gram positif atau gram negatif, dinding sel arkae secara struktural berbeda dengan dinding sel bakteri. Archaebacteria tidak dapat membentuk spora. Kebanyakan bersifat anaerob meskipun beberapa jenis bersifat aerobik, anaerobik, dan anaerobik fakultatif. Di dalam selnya tidak mengandung klorofil. Beberapa jenis Archaebacteria mempunyai flagella untuk bergerak. Ribosom arkae mempunyai komposisi protein yang berbeda dengan ribosom bakteri.



Gambar 3.15 Pembelahan sel *Methanospirillum hungatii*.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Archaebacteria dapat ditemukan di daratan maupun di perairan dan dapat hidup di lingkungan yang tidak menguntungkan, yaitu dapat hidup di perairan panas dan berkadar garam tinggi. Bentuk sel bervariasi, misalnya berbentuk seperti bola, batang, dan spiral. Kelompok bakteri ini bereproduksi dengan pembelahan sel, membentuk tunas, dan fragmentasi benang pada Archaebacteria yang hidup berkoloni.

1. Jenis-Jenis Archaebacteria

Dalam sistem klasifikasi modern, Archaebacteria dibagi menjadi empat kelompok utama yaitu krenarcaeota, euriarcaeota, korarcaeota, dan nanoarcaeota. Euriarcaeota merupakan kelompok yang penting, terdiri dari metanokokus, metanopiri, metanobakter, halobakteri, termoplasma, termokokus, dan arkaeoglobi. Berdasarkan keadaan lingkungan yang dikehendaki, Archaebacteria dibedakan menjadi tiga kelompok.

a. Archaeobacteria Halofil

Archaeobacteria ini ditemukan di lingkungan berkadar garam tinggi. Contohnya adalah *Halobacterium* yang dapat tumbuh optimum pada kadar garam setinggi 20 – 30 persen. Jika konsentrasi garam turun, sel *Halobacterium* mengalami lisis sehingga rusak dan mati.

b. Archaeobacteria Metanogen

Archaeobacteria metanogen memperoleh energi dari metabolisme yang mengubah senyawa karbon dioksida dan hidrogen menjadi gas metana. Senyawa yang dapat diubah menjadi metana oleh organisme ini antara lain methanol, asam formiat, asam asetat, dan metal alamin. Dalam dekomposisi senyawa organik misalnya selulosa, pati, protein, asam amino, lemak, dan alkohol Archaeobacteria metanogen membutuhkan bakteri anaerob lain yang dapat mengubah senyawa itu menjadi karbon dioksida dan hidrogen. Gas karbon dioksida dan hidrogen ini kemudian digunakan oleh Archaeobacteria metanogen.

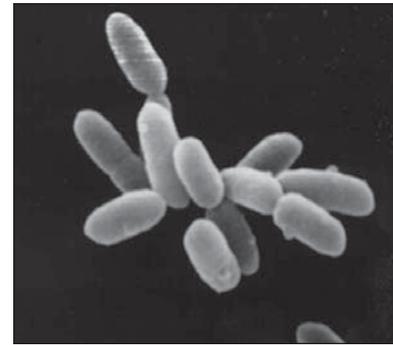
Semua Archaeobacteria metanogen bersifat anaerobik. Archaeobacteria jenis ini sering ditemukan pada sisa-sisa tanaman yang membusuk secara anaerobik. Bakteri ini juga ditemukan hidup di tanah, kolam, dan di saluran pencernaan hewan ruminansia. Archaeobacteria metanogen berperan penting pada degradasi limbah di unit pengolahan limbah. Contoh Archaeobacteria metanogen adalah *Metanococcus*, *Metanobacter*, dan *Metanomicrobium*.

c. Archaeobacteria Termofil

Archaeobacteria ini dapat hidup di lingkungan bersuhu relatif tinggi, lebih tinggi daripada suhu yang ditolerir Eubacteria, yaitu mencapai suhu 80° – 110°C. Suhu setinggi ini biasanya dijumpai di tempat pembuatan kompos, sumber air panas, dan daerah geothermal di laut dalam. *Thermus aquaticus* ditemukan di perairan yang suhunya mencapai 79°C. Beberapa jenis Archaeobacteria termofil lain bergantung pada keberadaan sulfur dalam metabolismenya. Contoh Archaeobacteria termofil adalah *Sulfolobus*, *Termoplasma*, *Pyrodictium*, dan *Termococcus*.

2. Peranan Archaeobacteria

Archaeobacteria membantu mencernakan makanan pada ruminansia. Bakteri metanogen digunakan untuk degradasi limbah pada unit pengolahan limbah. Membantu pembuatan kompos dan biogas. Sampai saat ini tidak ditemukan Archaeobacteria yang menyebabkan penyakit pada organisme lain.



Gambar 3.16 *Halobacteria* merupakan arkae yang dapat tumbuh pada lingkungan berkadar garam tinggi.

Sumber: www.biology.kenyon.edu

Tugas 3.7

Bakteri dan arkae banyak dimanfaatkan untuk pembuatan biogas. Carilah informasi tentang biogas, cara pembuatan dan pemanfaatannya.

Rangkuman

- Sistem klasifikasi terbaru membagi monera menjadi dua kelompok yaitu Eubacteria dan Archaeobacteria. Kelompok organisme ini bersifat uniseluler atau berkoloni, prokariotik, berukuran mikroskopis, dan berkembang biak secara aseksual dan terdapat pertukaran materi genetik yaitu transformasi, konjugasi, dan transduksi.
- Bentuk dasar bakteri dibedakan menjadi tiga yaitu basil, kokus, dan spirillum. Pada bakteri yang berkoloni, terdapat sistem penataan sel dari bentuk dasar tersebut.
- Berdasarkan cara memperoleh makanan, terdapat bakteri autotrof dan heterotrof. Bakteri autotrof ada yang bersifat fotoautotrof dan kemoautotrof. Berdasarkan kebutuhan oksigen untuk respirasi, terdapat bakteri aerob, anaerob, dan anaerob fakultatif.
- Faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan bakteri adalah ketersediaan nutrisi, oksigen, suhu, kelembapan, tekanan osmotik, pH, radiasi, dan adanya senyawa kimia toksik.
- Contoh manfaat bakteri yaitu untuk pengolahan makanan, menghasilkan bahan organik, pembusuk sisa organisme, menyuburkan tanah, pengolahan limbah, membuat kompos dan biogas, untuk rekayasa genetika, dan sebagainya. Bakteri dapat bersifat merugikan karena menyebabkan penyakit, merusak bahan pangan, dan menghasilkan racun.
- Bakteri fotosintetik dikelompokkan dalam Cyanobacteria, ada yang uniseluler dan ada yang berkoloni, semua bersifat autotrof, berkembang biak dengan pembelahan sel dan fragmentasi, dan terjadi pertukaran materi genetik seperti pada bakteri.
- Cyanobacteria yang menguntungkan: sebagai organisme perintis, menyuburkan tanah, dan sebagai bahan makanan. Cyanobacteria yang merugikan karena merusak berbagai bangunan dan peralatan serta menghasilkan racun.
- Archaeobacteria merupakan mikroorganisme menyerupai bakteri namun berbeda dalam beberapa komposisi sel, fisiologis, jalur metabolisme, dan materi genetik. Dibedakan menjadi arkae termofil, metanogen, dan halofil.
- Archaeobacteria berperan dalam degradasi limbah, membantu pencernaan ruminansia, pembuatan kompos dan biogas, dan sebagainya. Tidak ditemukan arkae yang menyebabkan penyakit pada organisme lain.

Latihan 3

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Bakteri termasuk mikroorganisme bersel satu dan belum mempunyai membran inti atau disebut
 - a. eukarion
 - b. prokaron
 - c. dominan
 - d. resesif
 - e. homozigot
2. Tubuh bakteri pada bagian luar terdapat lapisan yang menyelubungi dinding sel secara keseluruhan disebut
 - a. kapsul
 - b. flagela
 - c. sitoplasma
 - d. prokaron
 - e. kalsium karbonat

3. Bakteri dapat bereproduksi secara generatif dengan cara
 - a. fragmentasi
 - b. konjugasi
 - c. biner
 - d. hormogonium
 - e. aplanospora
4. *Corynebacterium diphtheriae* dapat menyebabkan penyakit
 - a. difteri
 - b. antraks
 - c. diare
 - d. pneumonia
 - e. tetanus
5. Cyanobacteria mempunyai bakterioklorofil sehingga bersifat
 - a. fotoautotrof
 - b. saprofit
 - c. patogen
 - d. parasit
 - e. kemoautotrof
6. *Rivularia* merupakan contoh alga biru yang berbentuk
 - a. sel tunggal
 - b. filamen
 - c. koloni
 - d. soliter
 - e. bundar
7. *Oscillatoria* termasuk ganggang biru yang berkembang biak dengan cara
 - a. hormogonium
 - b. fragmentasi
 - c. biner
 - d. generatif
 - e. mitosis
8. Kebanyakan arkae hidup di habitat yang ekstrim, sehingga dikelompokkan menjadi
 - a. asidofil, halofil, termofil
 - b. halofil, metanogen, termofil
 - c. metanogen, termofil, asidofil
 - d. sulfonogen, metanogen, ferooksidan
 - e. sulfonogen, asidofil, halofil
9. Komponen yang membedakan arkae dengan bakteri adalah
 - a. ukuran sel
 - b. bentuk sel
 - c. bentuk koloni
 - d. dinding sel
 - e. mesosom
10. Arkae yang dapat berperan dalam pengolahan limbah adalah
 - a. *Methanobacter*
 - b. *Sulfolobus*
 - c. *Chlamydia*
 - d. *Holobacterium*
 - e. *Salmonella*

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Sebutkan empat fungsi dinding sel pada bakteri.
3. Gambarkan lima macam bakteri berdasarkan letak dan jumlah flagelnya.
4. Sebutkan tiga peranan tiga Cyanobacteria.
4. Mengapa perairan yang ditumbuhan *Azolla piñata* menjadi subur?
5. Mengapa bakteri dan arkae sangat berguna dalam proses pengolahan limbah industri?

Wacana

Junapiah dan Pupuk Organik

Junapiah, seorang petugas penyuluh lapangan di Desa Baru, Kecamatan Batang Kuis, Kabupaten Deli Serdang, Sumatra Utara berhasil membuat pupuk organik dari bahan-bahan alami yang murah dan mudah diaplikasikan. Proses pembuatan pupuk organik itu berhasil ditemukannya setelah melakukan penelitian sejak tahun 1998 dengan menghabiskan dana sekitar Rp 20 juta. Sejumlah percobaan yang dilakukan untuk

menguji manfaat pupuk organik itu memberikan hasil yang positif. Percobaan ini dilakukan oleh 70 anggota Kelompok Tani Sido Mulyo di daerahnya. Salah seorang anggota kelompok tani yang bernama Shahrani memanfaatkan pupuk buatan Junapiah pada tanaman padi miliknya. Sebelumnya, lahan penanaman padi seluas 2.000 m² miliknya hanya dapat menghasilkan gabah kering paling banyak 1,3 ton setiap musim tanam. Setelah menggunakan pupuk organik ramuan Junapiah, Shahrani bisa memperoleh gabah kering sebanyak 1,4 ton. Meskipun kenaikan hasil panen sedikit, namun dia tidak menemui adanya gangguan hama wereng dan tikus, sehingga mengurangi biaya pembelian pestisida. Anggota kelompok tani lainnya yang telah mencoba pupuk organik itu juga menuturkan hal yang serupa.

Untuk membuat pupuk organik, Junapiah menggunakan bahan baku berupa kotoran dan urin kambing, sabut kelapa, abu tangkai kelapa sawit, dan batu gunung dolomit. Semua bahan itu difermentasi dengan bakteri *Lactobacillus* sp. selama tiga hari. Setelah difermentasi, bahan-bahan itu telah menjadi pupuk organik. Bau tak sedap dari kotoran dan air kencing kambing juga tidak ada. Pupuk organik itu mengandung berbagai unsur hara yang diperlukan oleh tanaman, misalnya nitrogen, kalium, sulfur, fosfat, dan magnesium oksida. Junapiah menambahkan bahwa pemakaian pupuk kimia harus dibatasi, karena pemakaian pupuk kimia terus-menerus dapat mengakibatkan mikroorganisme tanah mati. Mikroorganisme tanah sangat diperlukan untuk menjaga kesuburan tanah.

Apakah peranan bakteri *Lactobacillus* sp. dalam pengolahan kotoran, air kencing kambing, sabut kelapa, abu tangkai kelapa sawit, dan batu gunung dolomit menjadi pupuk organik? Menurut pendapatmu, apakah semua jenis bakteri dapat menguraikan bahan organik menjadi pupuk yang kualitasnya sama? Mengapa pemakaian pupuk kimia terus-menerus dapat merusak kesuburan alami tanah?

Sumber: *Kompas*, Selasa 12 September 2006

BAB

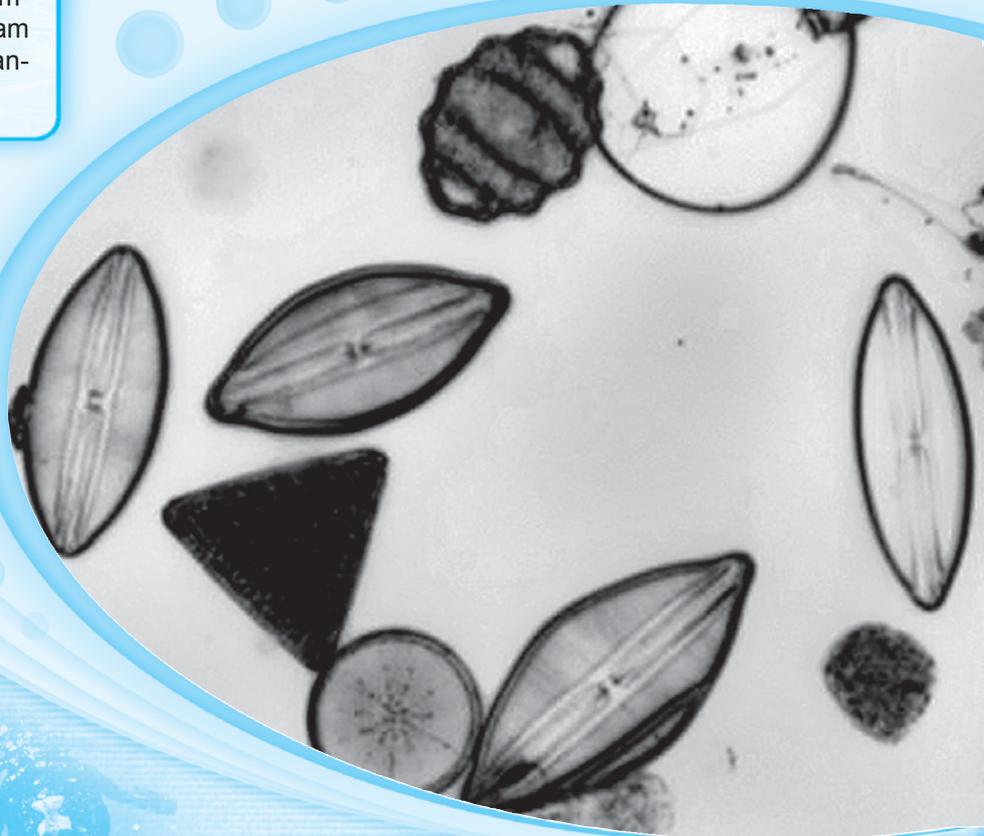
IV

Protista

Kata kunci:

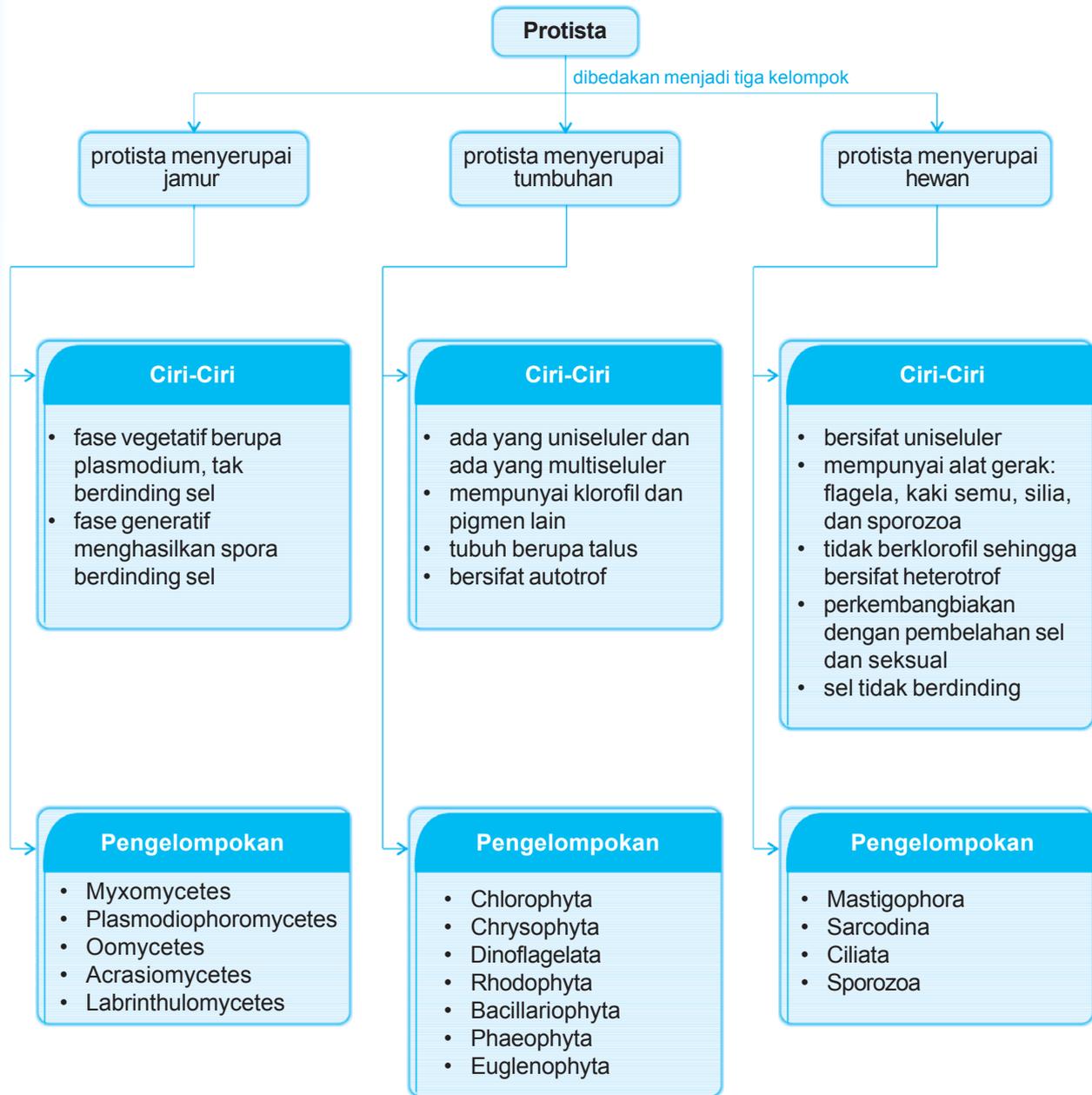
eukariot, protozoa, ganggang, jamur lendir, talus, pigmen, plankton, malaria

Dalam bab ini kamu akan mempelajari ciri-ciri umum filum dalam Kingdom Protista serta peranannya dalam kehidupan.



Peta Konsep

peta konsep



Tentu kamu telah mengerti penyakit malaria. Penyakit ini disebabkan oleh *Plasmodium*, yaitu salah satu jenis Protozoa. Meskipun mempunyai kemiripan sifat dengan hewan, Protozoa digolongkan ke dalam kingdom Protista. Meliputi apakah kingdom Protista itu? Bagaimanakah ciri-cirinya?

Protista merupakan kelompok mikroorganisme eukariotik, belum terdapat diferensiasi jaringan, dan menunjukkan kemiripan morfologi dan fisiologi dengan hewan, tumbuhan, atau jamur. Kebanyakan Protista adalah organisme uniseluler mikroskopis, namun ada pula yang multiseluler atau berkoloni dengan banyak sel. Koloni Protista dapat membentuk organisasi sel yang menyerupai organisme tingkat tinggi. Kamu dapat mengamati Protista dengan mudah menggunakan mikroskop cahaya karena panjangnya mencapai 5 μm – 3 mm. Tidak semua Protista berukuran mikroskopis, jenis ganggang cokelat dapat mencapai panjang 60 meter atau lebih. Beberapa kelompok Protista dapat bergerak bebas (motil), sedangkan yang lain hidup menetap selamanya atau pada periode tertentu dari siklus hidupnya. Banyak kelompok yang dapat membentuk spora atau kista jika lingkungan tidak menguntungkan.

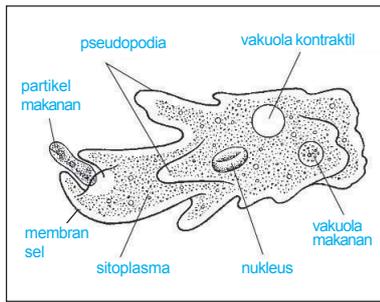
Protista ada yang bersifat autotrof dan ada yang heterotrof. Protista autotrof memperoleh makanan dari fotosintesis, sedangkan yang heterotrof memperoleh makanan dari organisme lain. Beberapa jenis diketahui dapat hidup sebagai autotrof dan heterotrof sekaligus. Semua Protista dapat berkembang biak secara asexual dengan pembelahan biner. Sebagian Protista juga dapat berkembang biak secara seksual dengan konjugasi. Protista dikelompokkan menjadi Protista menyerupai tumbuhan meliputi kelompok ganggang eukariotik, Protista menyerupai hewan yang disebut Protozoa, dan Protista mirip jamur meliputi kelompok jamur lendir.

A

Protista Menyerupai Hewan

Protista menyerupai hewan meliputi kelompok Protozoa. Protozoa merupakan Protista eukariotik, bersel tunggal, mempunyai kemampuan bergerak pada tingkatan tertentu dalam daur hidupnya, serta tidak mempunyai dinding sel. Habitat Protozoa adalah di perairan sebagai zooplankton dan di tempat-tempat yang lembab. Kebanyakan Protozoa bersifat heterotrof, makanannya dicerna dalam vakuola makanan yang mengandung enzim pencernaan. Saat ini telah dikenal lebih dari 65.000 jenis, hampir setengahnya telah berupa fosil. Sekitar 10.000 di antaranya merupakan parasit.

Ukuran dan bentuk Protozoa beragam, beberapa jenis bersifat polimorfik (bentuknya berbeda pada tingkatan yang berbeda dalam daur hidupnya). Protozoa mikroskopis panjangnya hanya sekitar 10 mikrometer, sedangkan Protozoa yang besar mencapai panjang 2 mm sehingga dapat dilihat dengan mata telanjang. Sel Protozoa dibungkus oleh membran sitoplasma tanpa adanya dinding sel. Umumnya nukleus berjumlah satu, namun banyak ditemukan Protozoa yang multinukleat hampir di sepanjang siklus hidupnya. Pada Ciliata terdapat nukleus yang berukuran besar (*makronukleus*) yang mengendalikan metabolisme dan pertumbuhan dan nukleus berukuran kecil (*mikronukleus*) yang berperan dalam reproduksi.



Gambar 4.1 Struktur sel Protozoa (*Amoeba proteus*)

Sumber: *Encyclopedia Britannica, 2006*

Sitoplasma mengandung granula glikogen, bermacam-macam minyak, dan vakuola. Selain vakuola makanan, beberapa jenis mempunyai vakuola kontraktil untuk mengeluarkan kelebihan air. Beberapa jenis mempunyai lapisan *ektoplasma* yang dapat membentuk butir-butir pasir yang terikat pada zat kitin, kalsium karbonat, dan silika.

Protozoa berkembang biak dengan aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual berlangsung dengan pembelahan sel. Reproduksi seksual dilakukan dengan konjugasi, misalnya pada Ciliata. Beberapa Protozoa parasit mempunyai daur hidup yang rumit, melibatkan berbagai jenis inang yang berbeda.

Peranan Protozoa dalam kehidupan adalah sebagai berikut.

1. Merupakan bagian penting dalam rantai makanan pada komunitas lingkungan akuatik.
2. Mengendalikan pertumbuhan bakteri dan membantu mengurai sisa-sisa zat organik.
3. Menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan.

Untuk mengamati Protozoa dan Protista lain yang hidup di perairan air tawar, lakukan **Kegiatan 4.1**.

Kegiatan 4.1

Mengamati Protista

A. Tujuan

Mengamati Protista air tawar.

B. Alat dan Bahan

1. Mikroskop dan perlengkapannya
2. Pipet
3. Gelas kimia
4. Air kolam
5. Air sungai
6. Air sawah (boleh dari perairan yang berbeda)

C. Cara Kerja

1. Ambillah air kolam, sawah, sungai, atau perairan lain dan tempatkan pada gelas kimia. Usahakan untuk memilih perairan yang tenang, teduh, dan jauh dari pengaruh bahan kimia agar sampel yang kamu ambil cukup mengandung Protista.
2. Teteskan contoh air itu pada gelas objek, kemudian tutuplah dengan kaca penutup.
3. Amati preparat dengan mikroskop pada perbesaran lemah, kemudian dengan perbesaran kuat apabila diperlukan.
4. Gambar Protista yang kamu temukan beserta ciri-cirinya.
5. Ulangi pengamatanmu terhadap sampel air dari tempat lain dengan cara yang sama.

D. Pertanyaan untuk Diskusi

1. Jenis Protista apakah yang kamu temukan? Bagaimanakah ciri-cirinya dan termasuk kelompok apa?
2. Apakah peran Protista itu dalam lingkungannya?

Protozoa dibagi menjadi empat filum berdasarkan alat geraknya yaitu flagela, pseudopodia, silia, dan sporozoa. Perhatikan **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1. Klasifikasi Protozoa.

No.	Filum	Cara Gerak	Cara Berkembang Biak	Ciri-Ciri Lain
1.	Mastigophora (Flagellata)	Flagela (satu atau lebih)	Pembelahan biner, pada beberapa kelompok ada reproduksi seksual	Nutrisinya fototrofik, heterotrofik, atau keduanya
2.	Sarcodina (Rhizopoda)	Pseudopodia	Pembelahan biner, tidak ada reproduksi seksual	Kebanyakan spesies hidup bebas, heterotrof
3.	Ciliata	Silia	Pembelahan biner melintang, reproduksi seksual dengan konjugasi	Kebanyakan spesies hidup bebas, heterotrof
4.	Sporozoa	Meluncur atau tidak bergerak	Pembelahan berganda, ada reproduksi seksual	Semua spesies bersifat parasit

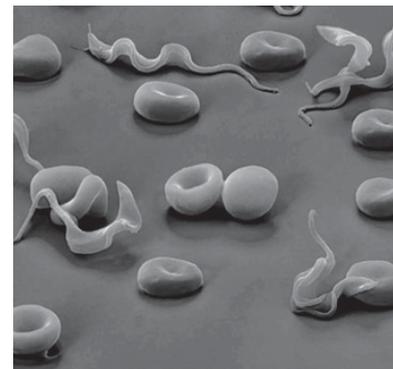
1. Mastigophora atau Flagellata

Flagellata meliputi sekitar 1500 jenis Protozoa yang semuanya mempunyai alat gerak flagela. Semua jenis dalam kelompok ini berkembang biak secara aseksual dengan membelah diri secara membujur. Beberapa jenis Flagellata bersimbiosis dengan organisme lain, misalnya *Oikomonas synsyanotica* dan *Amphisolenia* bersimbiosis dengan Cyanobacteria. Jenis yang lain bersifat parasit yang menginfeksi manusia dan menimbulkan penyakit pada alat kelamin, usus, dan penyakit sistemik. Perhatikan beberapa contoh Flagellata berikut ini.

- Giardia lamblia* merupakan Protozoa usus yang dapat menyebabkan disentri dan diare, terutama ditemukan dalam usus dua belas jari. Ditularkan melalui makanan atau minuman yang tercemar atau kontak dari tangan ke mulut.
- Tricomonas vaginalis* menimbulkan peradangan pada vagina, ditandai dengan keluarnya cairan disertai rasa panas seperti terbakar dan rasa gatal.
- Tricomonas homini* hidup di dalam alat pencernaan, tidak patogen.
- Tricomonas foetus* menyebabkan abortus spontan pada ternak.
- Leishmania tropica* menyebabkan *leishmaniasis* yaitu menyebabkan *leiso* (luka patologis) pada kulit atau organ pencernaan.
- Trypanosoma gambiense* menyebabkan penyakit tidur pada manusia.

2. Sarcodina atau Rhizopoda

Saat ini telah diketahui sekitar 40.000 jenis Sarcodina, yaitu Protozoa yang bentuknya tidak tetap, selalu berubah-ubah. Sarcodina meliputi ratusan jenis *Amoeba* yang hidup di air tawar, air asin, di tanah yang lembab, dan beberapa jenis hidup sebagai parasit pada hewan dan manusia. Beberapa Sarcodina mempunyai pelindung berupa testis, misalnya *Foraminifera* dan *Radiolaria* yang hidup di laut. Sarcodina yang hidup di air tawar mempunyai *vakuola kontraktil* untuk membuang kelebihan air di dalam sel. Beberapa jenis dapat membentuk sista jika lingkungan tidak menguntungkan.



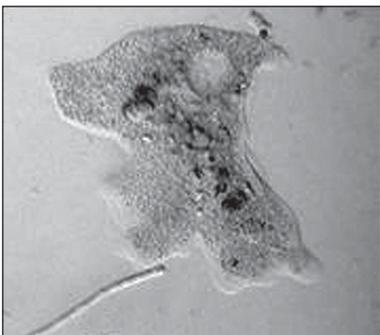
Gambar 4.2 *Trypanosoma gambiense* di sekitar sel darah merah, penyebab penyakit tidur pada manusia

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Bio Info

Penyakit Tidur

Trypanosoma gambiense dan *T. rhodosiensis* merupakan parasit di dalam darah yang menyebabkan beberapa penyakit seperti penyakit tidur Afrika dan penyakit *chaga* pada manusia dan hewan lain. Penyakit tidur karena *Trypanosoma* ditularkan oleh lalat tse-tse (*Glossina palpates*) yang hanya ditemukan di Afrika. *Trypanosoma* mulai menjadi parasit ketika berada di dalam darah penderita, tetapi kemudian infeksi dapat menyerang sistem saraf pusat menyebabkan pembengkakan pada otak dan sumsum tulang belakang yang diikuti dengan gejala tidur. *Trypanosoma* tidak pernah ditularkan secara langsung dari penderita ke orang lain. Oleh karena itu usaha pencegahan dapat dilakukan dengan membunuh lalat tse-tse. Saat ini kasus penyakit tidur sangat jarang dijumpai di seluruh Afrika.



Gambar 4.3 *Amoeba* merupakan salah satu spesies dari kingdom Sarcodina.

Sumber: www.wikipedia.com

Sel Sarcodina dilindungi oleh sebuah membran tipis, di bagian luarnya terdapat lapisan tipis yang agak kaku disebut *ektoplasma*. Ektoplasma berfungsi sebagai tempat ekskresi dan tempat pertukaran gas, yaitu masuknya oksigen dan keluarnya karbon dioksida. Di sebelah dalam membran sel terdapat sitoplasma bergranuler dan nukleus yang berbentuk lonjong. Semua Sarcodina menggunakan kaki semu atau *pseudopodia* yang berupa perluasan protoplasma untuk bergerak dan menelan partikel makanan dengan *fagositosis*. Gerak dengan penjuluran sitoplasma membentuk kaki semu disebut *gerak amoeboid*. Makanan yang masuk segera dilingkupi oleh membran yang kemudian membentuk vakuola. Kemudian enzim dikeluarkan ke vakuola makanan untuk mencerna makanan menjadi zat-zat yang dapat digunakan oleh sel. Sisa makanan yang tak dapat dicerna (dihancurkan) dikeluarkan melalui ektoplasma. Setelah melewati masa pertumbuhan, *Amoeba* bereproduksi dengan cara membelah diri menjadi dua sel anak yang sama. Proses ini disebut pembelahan biner. Perhatikan beberapa contoh Sarcodina berikut ini.

- Amoeba*, setidaknya ada enam jenis *Amoeba* yang bersifat parasit di dalam tubuh manusia. *Amoeba* yang paling penting adalah *Entamoeba histolytica* yang dapat menyebabkan penyakit amoebiasis dan disentri yang sering berakibat fatal. *Entamoeba gingivalis* hidup dalam mulut manusia dan *Entamoeba coli* menghuni usus manusia namun tidak bersifat patogen.
- Foraminifera*, meliputi lebih dari 30.000 jenis yang telah diketahui, sebagian diantaranya merupakan fosil. *Foraminifera* menyerupai *Amoeba* yang hidup di laut tetapi mempunyai cangkang pelindung yang disebut *testa*. Kebanyakan *testa* ber dinding rapat, namun ada pula yang berpori. Bentuk *testa* bermacam-macam, ada yang seperti tabung sederhana hingga yang berbentuk bilik spiral. Ukurannya rata-rata hanya 0,05 cm namun ada yang mencapai 8 cm. *Foraminifera* bergerak dengan pseudopodia kecil yang muncul pada bagian *testa* yang terbuka yang disebut *apertur*. Pada *testa* yang berpori, pseudopodia menjulur melalui pori-pori ini. *Foraminifera* berkembang biak secara seksual dan aseksual. Seluruh sitoplasma digunakan untuk membentuk sel anak sehingga sel induk mati setelah berkembang biak. *Foraminifera* yang ada yang hidup di dasar laut dan ada yang mengapung di permukaan laut menyusun plankton. Makanan utamanya adalah bakteri dan diatom. Jika mati, cangkang testanya tenggelam dan berkumpul membentuk *tanah globigerina* (diambil dari nama *Globigerinidae*, yaitu salah satu familia dari *Foraminifera* yang paling melimpah). Piramida di Mesir dibuat dari tanah *Foraminifera* yang dilapisi dengan granit. Para ahli geologi juga mempelajari endapan cangkang *Foraminifera* sebagai petunjuk lokasi ditemukannya cadangan minyak bumi.
- Radiolaria*, bersifat uniseluler seperti amoeba namun dilengkapi dengan eksoskeleton yang rumit disebut *testa*. *Testa* berfungsi sebagai pelindung. Biasanya berbentuk bulat simetris yang lebarnya dapat mencapai beberapa milimeter. Umumnya terbuat dari silika dan sering mempunyai tonjolan-

tonjolan keluar. Testa berpori yang digunakan untuk menjulurkan pseudopodia guna mencari makan. Sitoplasma *Radiolaria* mengandung banyak vakuola yang membantu untuk tetap mengapung di perairan. *Radiolaria* berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan inti yang diikuti pemisahan sitoplasma dan sebagian testa. *Radiolaria* yang mati cangkangnya tenggelam dan mengendap membentuk lapisan tanah *radiolaria* di dasar laut dalam.

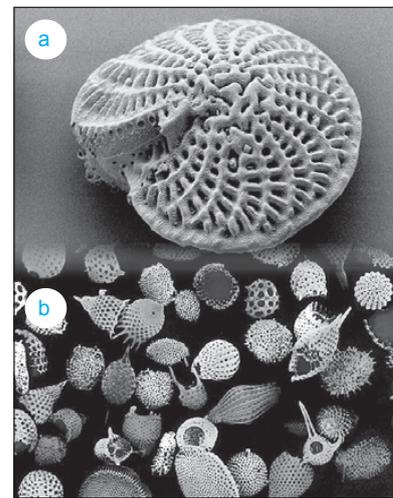
3. Ciliata

Terdapat sekitar 8.000 jenis Ciliata yang bergerak dengan struktur menyerupai rambut yang disebut *silia*, kebanyakan hidup di perairan air tawar. Ciliata dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan distribusi silia, yaitu silia pada sebagian sel saja dan silia yang menyelimuti seluruh bagian sel. Silia berfungsi untuk bergerak dan menimbulkan efek pusaran air yang membantu memperoleh makanan berupa bakteri dan ganggang mikroskopis.

Semua Ciliata mempunyai *vakuola kontraktile* untuk mengatur tekanan osmosis sel. Beberapa Ciliata mempunyai dua nukleus di dalam satu sel, yaitu *makronukleus* yang berperan dalam metabolisme dan reproduksi aseksual, dan *mikronukleus* yang berperan dalam reproduksi seksual. Ciliata bereproduksi dengan pembelahan biner dan konjugasi dua sel yang melibatkan mikronukleus. Konjugasi tidak menghasilkan sel anak yang baru, tetapi setelah melakukan konjugasi, sel membelah menghasilkan empat sel anak yang identik yang lebih mampu bertahan hidup terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Kebanyakan Ciliata hidup bersimbiosis komensalisme di dalam perut herbivora. Ciliata juga bersifat parasit di dalam usus manusia (*Balantidium coli*) yang menyebabkan luka (inflamasi) yang disebut *balantidiasis*.

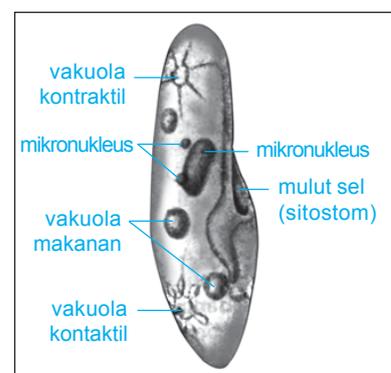
Ciliata dibagi menjadi empat kelompok: Holotricha (berenang bebas, misalnya *Paramecium*), Suctoria (mempunyai tentakel dan biasanya hidup melekat pada substrat), Peritricha (biasanya berbentuk seperti bola yang berkoloni), dan Spirotricha (berbentuk seperti terompet yaitu *Stentor* dan *Euplotes*). Perhatikan beberapa contoh Ciliata berikut ini.

- a. *Balantidium coli* merupakan Protozoa parasit yang menyebabkan penyakit diare berdarah pada manusia, hidup dalam saluran pencernaan Vertebrata.
- b. *Paramecium* sering disebut binatang sandal karena bentuk selnya menyerupai sandal. Merupakan organisme sel tunggal yang panjangnya biasanya kurang dari 0,25 mm. *Paramecium* mempunyai dua nukleus, nukleus yang besar disebut makronukleus dan dua buah nukleus yang kecil disebut mikronukleus. Tanpa makronukleus *Paramecium* tidak dapat hidup dan tanpa mikronukleus *Paramecium* tidak dapat berkembang biak. Perkembangbiakan dilakukan secara aseksual dengan pembelahan binar. Kadang-kadang juga berkembang biak secara seksual dengan konjugasi. *Paramecium* ditemukan melimpah di genangan air tawar hampir di seluruh dunia. Beberapa spesies *Paramecium*



Gambar 4.4 Anggota Sarcodina yang mempunyai cangkang: (a) Foraminifera dan (b) Radiolaria.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 4.5 Struktur sel *Paramecium*.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Bio Info

Cara Makan Ciliata

Ciliata merupakan Protozoa yang mempunyai organel seluler yang paling rumit. Beberapa Ciliata mempunyai pelindung luar dari protein yang disebut *pelikel*. Ketika makan, silia membantu mengarahkan makanan ke mulut semu yang disebut sitostom, kemudian membentuk *gullet* yang mendorong makanan masuk ke dalam vakuola makanan. Sisa makanan kemudian dikeluarkan oleh vakuola itu melalui anus semu.



Gambar 4.6 *Plasmodium* penyebab penyakit malaria pada manusia.

Sumber: www.inria.fr

ditemukan hidup di laut. *Paramecium caudatum* merupakan salah satu jenis *Paramecium* air tawar yang banyak digunakan untuk penelitian.

- c. *Stentor*, *Didinium*, *Vorticella*, dan *Stylonichia* merupakan contoh Ciliata yang hidup di perairan air tawar.

4. Sporozoa

Terdapat 4.000 jenis Sporozoa yang sebagian besar hidup sebagai parasit pada hewan. Bentuk dewasanya tidak mempunyai alat untuk bergerak. Banyak Sporozoa yang mempunyai daur hidup yang rumit, pada fase tertentu hidup pada suatu inang dan pada fase yang lain hidup pada inang yang berbeda. Dalam daur hidupnya menunjukkan adanya pergiliran keturunan antara fase vegetatif dan generatif. Sporozoa yang belum dewasa disebut *sporosit* yang mudah berpindah-pindah mengikuti aliran darah. Semua Sporozoa membentuk spora berdinding tebal ketika berada pada tahap zigot.

Sporozoa menyebabkan penyakit pada manusia, misalnya toksoplasma dan malaria.

- Toksoplasma disebabkan oleh *Toxoplasma gondii*. Gejala penyakit tergantung pada tempat infeksi.
- Malaria disebabkan oleh *Plasmodium* yang menginfeksi hati dan sel-sel darah merah. Inang *Plasmodium* adalah nyamuk *Anopheles* betina tempat berlangsungnya reproduksi seksual. Diketahui empat jenis *Plasmodium*.
 - Plasmodium vivax* menyebabkan malaria tersiana tak ganas (demam tiap 48 jam).
 - Plasmodium ovale* menyebabkan malaria tersiana tak ganas dengan gejala seperti disebabkan oleh *Plasmodium vivax*.
 - Plasmodium malariae* menyebabkan malaria kuartana tak ganas (demam tiap 72 jam).
 - Plasmodium falciparum* menyebabkan malaria tersiana ganas (demam tak teratur, jika tidak segera ditangani dapat menjadi fatal).

Perhatikan daur hidup *Plasmodium* pada **Gambar 4.7**. Daur hidup *Plasmodium* meliputi siklus reproduksi seksual dengan inang nyamuk dan siklus reproduksi aseksual dalam tubuh manusia. Infeksi dimulai ketika nyamuk pembawa memasukkan partikel parasit (disebut *sporosit*) bersamaan dengan kelenjar saliva yang digunakan untuk mencegah pembekuan darah ke dalam sistem peredaran darah tubuh manusia. Ketika sporosit masuk ke dalam hati, dimulailah reproduksi aseksual (pembelahan ektoeritrositik) selama 7 sampai 14 hari yang menghasilkan 10.000 sampai 30.000 sel anak yang disebut *merozoit* yang menyerang sel darah merah. Di dalam sel darah merah merozoit membelah lagi secara aseksual (pembelahan eritrositik) yang menghasilkan antara 8 sampai 16 merozoit setiap 48 atau 72 jam tergantung dari jenis *Plasmodium*. Merozoit dilepaskan bersamaan dengan pecahnya sel darah merah yang siap untuk menginfeksi sel darah merah yang lain. Bersamaan dengan itu juga dikeluarkan senyawa racun yang

dihasilkan merozoit sehingga penderita merasakan demam. Beberapa merozoit membentuk gametosit jantan dan betina yang dapat masuk ke dalam tubuh nyamuk ketika menggigit penderita.

Di dalam tubuh nyamuk *Anopheles* betina, *Plasmodium* melengkapi siklus hidupnya dengan reproduksi seksual. Pembuahan berlangsung di dalam usus nyamuk yang menghasilkan zigot. Zigot tumbuh menjadi sporosit dan sporosit inilah yang kemudian ditularkan ke penderita baru.

Beberapa jenis *Plasmodium* yang lain diketahui dapat menginfeksi primata, rodensia, burung, dan kadal.

Tugas 4.1

Carilah informasi penyakit-penyakit yang disebabkan oleh Protozoa, jenis Protozoa yang menginfeksi, gejala penyakit, dan upaya pencegahannya.

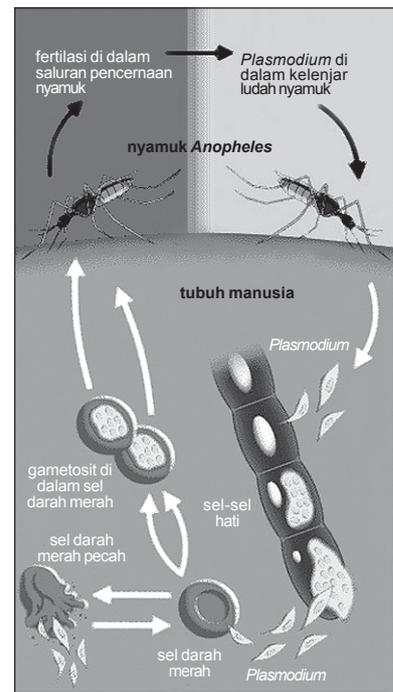
B Protista Menyerupai Tumbuhan

Protozoa yang menyerupai tumbuhan meliputi kelompok ganggang eukariotik. Kesamaan ciri dengan tumbuhan adalah mempunyai klorofil sehingga bersifat autotrof. Namun ganggang ini tidak dimasukkan dalam kingdom Plantae karena belum mempunyai diferensiasi sel yaitu belum memiliki akar, batang, dan daun (semua bagian disebut *talus*).

Diperkirakan terdapat sekitar 30.000 spesies ganggang yang kebanyakan hidup di laut. Ganggang dijumpai di tempat yang lembab, cukup cahaya, dan nutrisi. Beberapa jenis hidup di daerah kutub dan ada pula yang hidup di sumber air panas yang bersuhu 70°C, meskipun suhu optimum untuk ganggang termofilik antara 50° – 54°C. Beberapa ganggang beradaptasi untuk dapat hidup di tanah lembab, di kulit-kulit pohon, bahkan permukaan batuan. Sebagian besar ganggang adalah uniseluler yang hidup soliter dan berukuran mikroskopis, sebagian kecil hidup berkoloni, beberapa ada yang multiseluler dan makroskopis yang panjangnya mencapai beberapa meter. Ganggang uniseluler yang hidup di laut menjadi bagian dari fitoplankton merupakan produsen/sumber makanan yang penting bagi organisme lain. Beberapa ganggang hidup bersimbiosis dengan organisme lain seperti *Paramecium* hijau, *Infusoria*, *Foraminifera*, *Rotifera*, *Hydra*, *Coelenterata*, dan siput.

Berdasarkan struktur talusnya, ganggang dibedakan menjadi empat tipe.

1. Ganggang uniseluler, hidup di perairan sebagai fitoplankton.
2. Ganggang berkoloni, dengan atau tanpa organisasi sel.
3. Ganggang berfilamen, yaitu hidup berkoloni membentuk benang. Ganggang yang paling bawah membentuk perlekatan dengan substrat.
4. Ganggang multiseluler, mempunyai talus yang berukuran besar dan kompleks yaitu membentuk struktur serupa daun, batang, dan akar.



Gambar 4.7 Gambar daur hidup *Plasmodium*.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Sel ganggang mempunyai nukleus yang dibatasi oleh membran sel. Di bagian luar membran sel terdapat dinding sel yang tersusun atas selulosa. Beberapa ganggang dapat bergerak dengan flagela tunggal, berpasangan, atau bergerombol di permukaan sel. Di dalam sitoplasma ditemukan butir-butir pati, tetesan minyak, dan vakuola. Setiap sel mengandung satu atau lebih kloroplas yang berbentuk pita atau seperti cakram. Ganggang mempunyai tiga macam pigmen fotosintetik yaitu *klorofil*, *karotenoid*, dan *fikobilin*. Semua ganggang mempunyai *klorofil a* yang identik dengan klorofil tumbuhan tinggi. Karotenoid pada ganggang ada dua macam yaitu *karoten* dan *xantofil*. Fikobilin pada ganggang juga terdapat dua jenis yaitu *fikosianin* dan *fikoeritrin*. Adanya pigmen selain klorofil ini menyebabkan warna klorofil dapat tertutupi sehingga tidak berwarna hijau, misalnya beberapa ganggang berwarna cokelat karena mempunyai xantofil dan karoten dalam jumlah besar. Ganggang yang lain berwarna merah keunguan karena mengandung fikobilin. Ganggang menyimpan berbagai produk makanan hasil fotosintesis sebagai granula di dalam sel. Cadangan makanan ini dapat berupa pati, lemak, atau dalam bentuk lain.



Gambar 4.8 *Laurencia*, salah satu jenis Rhodophyta berwarna merah karena mengandung fikobilin yang melimpah.

Sumber: www.wikipedia.com

Ganggang berkembang biak secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dengan membelah diri, fragmentasi, dan membentuk spora. Selain itu ganggang juga dapat berkembangbiak membentuk *akinet*, yaitu sel-sel vegetatif yang berdinding tebal yang terbentuk karena lingkungan yang tidak menguntungkan. Ketika kondisi lingkungan membaik, akinet berkecambah dan tumbuh menjadi ganggang yang baru. Spora aseksualnya berflagela dan dapat bergerak yang disebut *zoospora*. Pada ganggang yang hidup di darat spora ini tidak dapat bergerak yang disebut *aplanospora*. Reproduksi seksual pada ganggang berlangsung dengan konjugasi gamet sehingga dihasilkan zigot. Jika gamet-gamet yang bersatu bentuknya sama, dinamakan *isogami*. Jika gamet ukurannya tidak sama, proses itu disebut *heterogami/anisogami*. Pada ganggang yang lebih tinggi, sel-sel seksual dapat dibedakan dengan mudah. Sel telur/ovum berukuran besar dan nonmotil, sedangkan gamet jantan/sel sperma bentuknya kecil dan aktif bergerak. Proses seksual seperti ini disebut *oogami*. Gamet jantan dan betina dapat dihasilkan pada individu yang sama maka jenis itu disebut ganggang *biseksual*. Jika gamet jantan dan gamet betina dibentuk oleh individu yang berbeda maka jenis itu disebut ganggang *uniseksual*.

Peranan ganggang dalam kehidupan adalah sebagai berikut.

1. Ganggang yang bersifat saprofit membantu menguraikan sisa makanan.
2. Merupakan produsen penting di perairan (fitoplankton) yang penting.
3. Di semua lingkungan menghasilkan gas oksigen selama fotosintesis. Pada unit pengolahan limbah, gas ini merupakan gas penting untuk degradasi limbah oleh bakteri aerob.

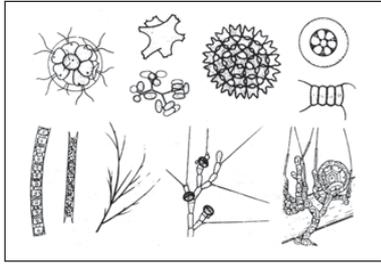
4. Menghasilkan bahan industri dan bahan makanan yaitu: tanah diatom, algin, keragen, agar-agar, vitamin, dan protein. Di Jepang, *Porphyra* (ganggang merah) digunakan sebagai bahan pangan.
5. Beberapa jenis menghasilkan racun. Racun dihasilkan secara ekstraseluler atau dilepaskan ketika ganggang terdekomposisi pada saat terjadi blooming ganggang, yaitu populasi ganggang yang sangat padat hingga menutupi permukaan perairan. *Gymnodinium* dan *Gonyaulax* menghasilkan neurotoksin yang mematikan binatang akuatik.
6. Ganggang *Prototheca wickerhamii* merupakan patogen yang menyerang manusia yaitu dapat menyebabkan peradangan persendian. Beberapa ganggang yang terbawa udara menyebabkan alergi.
7. Beberapa jenis misalnya *Cephaleuros* menyerang daun teh, kopi, lada, cengkeh, jeruk, dan lain-lain di daerah tropik dan menimbulkan banyak kerusakan.

Ganggang diklasifikasikan menjadi tujuh filum. Perhatikan klasifikasi ganggang pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Klasifikasi Protista menyerupai tumbuhan.

No.	Filum	Bentuk Talus	Pigmen	Cadangan Makanan	Komposisi Dinding Sel
1.	Chlorophyta (ganggang hijau)	Uniseluler, ada yang berkoloni, berbentuk filamen, dan multi-seluler	Klorofil a dan b, karoten	Tepung atau pati	Polisakarida terutama selulosa
2.	Phaeophyta (ganggang coklat)	Multiseluler	Klorofil a dan c, karoten, dan fukosantin	Laminarin (sejenis karbohidrat berlemak)	Selulosa dengan asam alginat
3.	Rhodophyta (ganggang merah)	Multiseluler	Klorofil a, fikobilin, karoten	Tepung	Selulosa atau pektin, juga mengandung kalsium karbonat
4.	Bacillariophyta (diatom)	Kebanyakan uniseluler, beberapa berkoloni	Klorofil a dan c, karoten, xantofil	Leukosin (sejenis karbohidrat berlemak)	Pektin, juga mengandung silikon dioksida
5.	Dinoflagellata	Uniseluler	Klorofil a dan c, karoten	Tepung	Selulosa
6.	Chrysophyta (ganggang keemasan)	Kebanyakan uniseluler, beberapa berkoloni	Klorofil a dan c, karoten, xantofil	Laminarin (sejenis karbohidrat berlemak)	Selulosa
7.	Euglenophyta	Uniseluler	Klorofil a dan b, karoten, xantofil	Paramilon (sejenis tepung)	Tanpa dinding sel

1. Chlorophyta



Gambar 4.9 Berbagai bentuk sel ganggang hijau.

Sumber: Botani Umum, 1985

Chlorophyta atau ganggang hijau terdiri dari \pm 7.000 jenis yang hidup di perairan maupun di darat. Sejumlah ganggang hijau hidup di air laut, namun sebagian besar hidup di air tawar. Ganggang hijau ada yang hidup soliter dan ada yang berkoloni. Bentuk selnya bermacam-macam. Ganggang hijau uniseluler dapat bergerak bebas karena memiliki flagela. Beberapa jenis ganggang hijau yang berkoloni mempunyai alat pelekak pada substrat yang membantu melekat kuat pada bebatuan/substrat lain di dasar perairan. Contoh koloni Chlorophyta dengan jamur adalah lumut kerak.

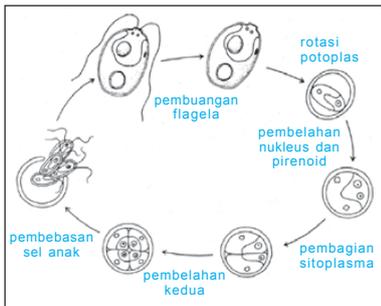
Dinding sel ganggang hijau tersusun dari selulosa. Sitoplasma mengandung vakuola yang besar. Di dalam sitoplasma terdapat sebutir kloroplas atau lebih. Di dalam kloroplas sering berisi protein cadangan yang disebut *pirenoid* yang merupakan pusat pembentukan tepung atau pati.

Ganggang hijau berkembang biak secara asexual dengan membelah diri dan membentuk spora asexual berflagela dan secara seksual dengan isogami dan heterogami.

Contoh ganggang hijau adalah *Chlamydomonas*, *Volvox*, *Protococcus*, *Spyrogyra*, *Ulothrix*, *Oedogonium*, *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Ulva*, dan *Chara*.

a. *Chlamydomonas*

Chlamydomonas merupakan ganggang hijau uniseluler yang berflagela. Berukuran antara 3 – 30 mikrometer, sering ditemukan di air tawar yang tergenang. Selnya berbentuk menyerupai bola agak lonjong dengan dinding sel dari bahan selulosa. Dua flagela muncul dari ujung depan sel. Mempunyai kloroplas tunggal berbentuk mangkuk yang hampir mengisi seluruh ruangan di dalam sel. Satu atau beberapa butir pirenoid ditemukan di dalam sitoplasma. *Chlamydomonas* mempunyai bintik mata yang mengandung pigmen kemerahan terletak di pangkal flagela yang disebut *stigma*. Bintik mata ini peka terhadap cahaya. Vakuola kontraktile terletak di dekat flagela yang berguna untuk mengeluarkan kelebihan air guna menjaga kestabilan tekanan osmotik sel. *Chlamydomonas* bereproduksi secara asexual dengan membelah diri dan secara seksual dengan isogami. Ketika akan membelah diri, flagela menghilang dan terbentuk kembali setelah sel anak dilepaskan dari sel induk.



Gambar 4.10 Reproduksi seksual *Chlamydomonas*.

Sumber: Botani Umum, 1985

b. *Volvox*

Volvox merupakan ganggang hijau berkoloni yang sering ditemukan di telaga dan danau. Koloninya berbentuk bola cukup besar sehingga tampak dengan mata telanjang. Sel-sel dalam koloni *Volvox* berjumlah antara 500 sampai sekitar 20.000 sel. Sel-sel tersebut tersusun dalam selaput tipis yang berfungsi sebagai kulit suatu bola berlubang. Bagian dalam koloni terisi dengan cairan berlendir dan seluruh sel dalam koloni diliputi oleh pembungkus seperti gelatin. Setiap sel

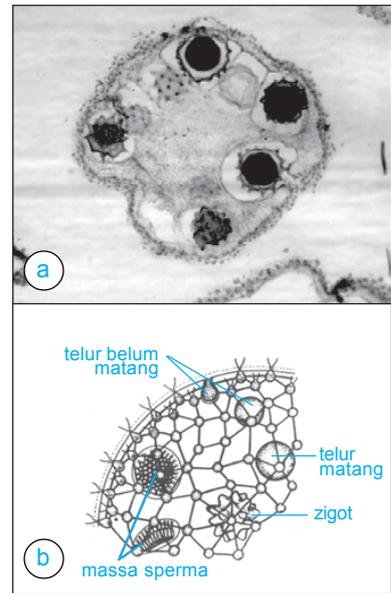
terhubung dengan sel-sel yang berdampingan di sekelilingnya melalui untaian sitoplasma. Setiap sel *Volvox* dalam keadaan bebas sangat mirip dengan *Chlamydomonas*. *Volvox* dapat berkembang biak secara seksual maupun aseksual. Reproduksi aseksual dengan membentuk beberapa koloni kecil di dalam bola. Koloni ini berkembang dengan serangkaian pembelahan sel yang bergerak bebas di dalam koloni induk. Koloni-koloni baru akan melepaskan diri bersamaan dengan hancurnya koloni induk. Reproduksi seksual *Volvox* bersifat oogami. Beberapa sel dalam koloni membesar dan menghasilkan telur-telur yang tak bergerak. Beberapa sel yang lain menghasilkan banyak sperma motil yang akan membuahi sel telur. Setelah terjadi pembuahan, zigot membesar dan membentuk dinding tebal. Zigot dibebaskan dari koloni sel induk bersamaan dengan hancurnya koloni. Zigot kemudian tumbuh dan membelah berulang-ulang membentuk koloni baru.

c. *Spirogyra*

Spirogyra merupakan ganggang berfilamen yang berukuran besar dan mempunyai daerah penyebaran yang luas. *Spirogyra* dapat dijumpai di permukaan kolam atau sungai yang alirannya tenang. Sel-sel *Spirogyra* tumbuh dalam filamen/benang-benang yang tidak bercabang, setiap sel mengandung satu atau lebih kloroplas yang berpilin. Di dalam kloroplas terdapat pirenoid yang letaknya beraturan, biasanya dikelilingi oleh butiran-butiran pati. *Spirogyra* dapat berkembang biak secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dilakukan dengan fragmentasi benang-benang, yang memungkinkan potongan benang itu untuk tumbuh menjadi ganggang baru. Reproduksi seksual berlangsung dengan konjugasi. Dua filamen yang berdekatan akan berhubungan dan membentuk tabung konjugasi. Seluruh isi salah satu sel (gamet pemberi) bergerak melalui tabung konjugasi untuk bersatu dengan protoplas sel yang lain (gamet penerima). Peleburan gamet menghasilkan zigospora bulat. Jika dinding sel induk larut, zigospora ini dilepaskan dan dapat berkecambah dan tumbuh membentuk filamen baru.

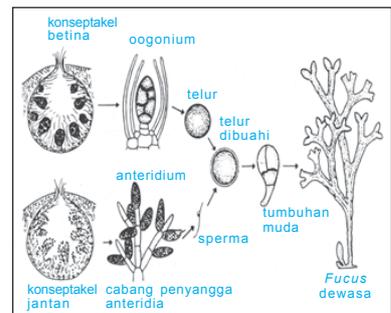
2. *Phaeophyta*

Sekitar 1.500 jenis *Phaeophyta* atau ganggang cokelat telah diketahui. Hampir semua jenis *Phaeophyta* hidup di laut terutama di daerah yang dingin, yaitu hidup di batu-batuan di dasar perairan sedalam 1,5 – 5 meter dari permukaan air. Semua *Phaeophyta* hidup berkoloni dengan bentuk bervariasi dari yang sederhana hingga yang berbentuk besar dengan organisasi sel yang rumit. Pada *Phaeophyta* yang berkoloni besar, belum terbentuk organ yang sesungguhnya meskipun pada beberapa jenis terdapat bentuk menyerupai akar, batang, dan daun, namun keseluruhan bagian itu disebut sebagai talus.



Gambar 4.11 (a) Koloni *Volvox*. (b) Reproduksi seksual pada *Volvox*.

Sumber: (a) www.bioweb.uncc.edu (b) *Botani Umum*, 1985



Gambar 4.12 Reproduksi seksual pada *Fucus*.

Sumber: *Botani Umum*, 1985



Gambar 4.13 *Macrocystis* panjangnya dapat mencapai tiga kilometer.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005

Reproduksi pada Phaeophyta menyerupai reproduksi pada Chlorophyta. Reproduksi asexual dilakukan dengan zoospora berflagela, sedangkan reproduksi seksual dengan isogami atau oogami. Pada *Fucus*, telur dan sperma dibentuk di dalam ruang berbentuk bola yang disebut *konseptakel*, yang terletak di ujung-ujung talus yang membengkak. Setelah matang gamet-gamet (sel telur dan sperma) dilepaskan dari konseptakel untuk mengadakan pembuahan. Setelah terjadi pembuahan, terbentuk zigot yang berdinding tebal, lalu melekat pada suatu batuan dan tumbuh menjadi ganggang baru.

Banyak jenis Phaeophyta yang bermanfaat bagi manusia. Beberapa jenis menghasilkan bahan makanan manusia. Di negara lain kelp dimanfaatkan untuk makanan ternak dan pupuk, karena kandungan nitrogen dan kaliumnya tinggi tetapi kandungan fosfornya rendah. Phaeophyta juga menghasilkan algin, suatu koloid yang berguna sebagai bahan penstabil pada pembuatan es krim. Algin juga penting dalam industri farmasi, yaitu untuk bahan pembuatan pil, tablet, salep, dan obat pembersih gigi.

Beberapa contoh Phaeophyta adalah sebagai berikut.

- a. *Fucus vesiculosus*, tingginya dapat mencapai 30 – 100 cm, hidup menempel di bebatuan yang tampak jika air surut. Terdapat gelembung udara sepanjang sisi talus yang bercabang-cabang seperti garpu. Ujungnya membesar yang membentuk konseptakel.
- b. *Sargassum siliquosum*, hidup menempel bebatuan di sepanjang pantai berbatu daerah tropis. Namun di pantai Atlantik bagian utara jenis *Sargassum natans* hidup bebas mengapung di permukaan laut. Ukuran *Sargassum* beragam dari yang kecil hingga yang panjangnya mencapai ratusan meter.
- c. *Macrocystis* atau *kelp*, ukurannya sangat besar, di pantai barat Amerika Utara panjangnya ditemukan dapat mencapai tiga kilometer. Kelp hidup menempel kuat di bebatuan dengan bantuan talus yang menyerupai akar.

3. Rhodophyta

Ciri khas Rhodophyta atau ganggang merah adalah memiliki pigmen berwarna merah (fikobilin) yang melimpah. Meskipun demikian beberapa Rhodophyta mempunyai warna agak hijau dan kecokelatan. Saat ini telah dikenal sekitar 2.500 jenis yang kebanyakan hidup di laut terutama daerah tropis. Rhodophyta tumbuh pada bebatuan di daerah pasang hingga di kedalaman mencapai 90 meter di bawah permukaan laut di mana gelombang cahaya tertentu dari sinar matahari masih mampu mencapainya. Talus Rhodophyta relatif besar, namun jarang yang panjangnya melebihi 90 cm. Beberapa jenis berbentuk filamen tetapi kebanyakan membentuk struktur kompleks yang bercabang-cabang menyerupai bulu atau pipih menyebar menyerupai pita. Rhodophyta berkembang biak secara asexual dengan membentuk spora nonmotil dan secara seksual dengan



Gambar 4.14 *Chondrus crispus* menghasilkan zat penyamak dan bahan kosmetika.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005

oogami yang sangat khusus. Ganggang merah merupakan bahan pangan penting di negara-negara Asia. Selain menghasilkan algin, ganggang merah juga menghasilkan karagenan dan agar. Karagenan merupakan sejenis polisakarida yang digunakan sebagai bahan kosmetik dan kapsul gelatin. Agar digunakan sebagai medium dalam laboratorium mikrobiologi dan sebagai bahan pangan.

Beberapa contoh Rodophyta adalah sebagai berikut.

- Eucheuma spinosum*, banyak dibudidayakan karena menghasilkan agar.
- Chondrus crispus*, juga dibudidayakan yang dikenal sebagai rumput laut.
- Dasya*, *Gelidium*, *Gracilaria*, dan sebagainya.

4. Bacillariophyta

Kelompok ini terdiri dari diatom yang tersebar luas di perairan air tawar dan air laut, maupun di tanah-tanah yang lembab. Jumlah diatom sangat banyak, diperkirakan mencapai 16.000 jenis. Karena jumlahnya yang banyak, diatom fitoplankton menjadi komponen produsen penting di perairan laut. Diatom ada yang hidup sendiri dan ada yang berkoloni membentuk filamen. Sebagian hidup bebas di permukaan air, beberapa jenis yang lain hidup menempel pada substrat. Setiap sel mengandung satu nukleus dengan satu atau beberapa plastid yang berbentuk pita atau cakram, berisi pigmen cokelat keemasan yang melimpah. Zat makanan berupa tetes-tetes minyak. Bentuk sel diatom memanjang, dilapisi oleh dinding sel (cangkang) yang terdiri dari dua belahan yang saling menutupi. Dinding sel ini terbuat dari lapisan pektin dan silika. Apabila diatom mati, tersisa cangkang silika yang tembus cahaya. Cangkang pada diatom dilengkapi dengan lubang kecil yang memungkinkan sel berhubungan dengan lingkungan air.

Diatom berkembang biak dengan cara seksual dan aseksual. Cara pembelahan yang utama adalah pembelahan sel. Setelah nukleus, protoplasma, dan plastida membelah menjadi dua, masing-masing bagian akan berada di dalam belahan katup. Kemudian masing-masing sel akan membentuk katup baru di sebelah dalam. Sel anak dapat melepaskan diri atau tetap melekat membentuk koloni.

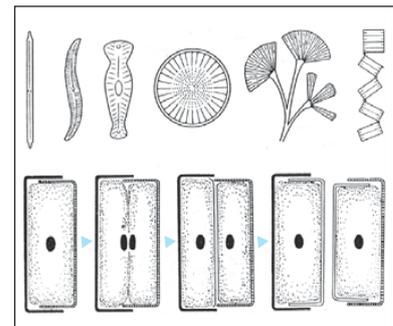
5. Dinoflagellata

Dinoflagellata disebut juga Pyrrophyta terdiri dari sekitar 1.100 jenis, terutama hidup di dalam air laut, meskipun beberapa jenis hidup di air tawar. Dinoflagellata merupakan ganggang uniseluler yang motil, dengan ciri utama terdapat celah dan alur di sebelah luar pembungkus yang melingkupi dinding sel. Masing-masing alur pada Dinoflagellata mengandung satu bulu cambuk. Beberapa jenis Dinoflagellata tidak mempunyai dinding sel, namun kebanyakan mempunyai dinding sel yang terbagi-bagi menjadi lempeng-lempeng selulosa poligonal yang saling bersambungan sangat rapat. Pada beberapa jenis

Bio Info

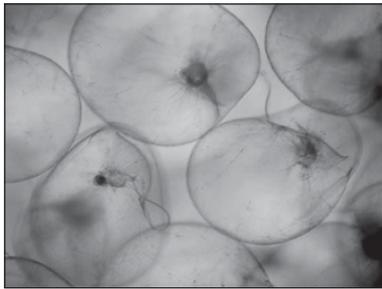
Tanah Diatom

Cangkang diatom tidak mudah rusak, sehingga memungkinkan untuk mempelajari jenis-jenis Diatom purba. Cangkang-cangkang yang tertimbun selama jutaan tahun ini membentuk endapan diatomit atau tanah diatom. Di California, Amerika ditemukan lapisan tanah diatom yang mencapai ketebalan hingga lebih dari 50 meter. Tanah diatom merupakan bahan baku industri yang penting, misalnya digunakan sebagai bahan penyaring, misalnya untuk menjernihkan gula tebu, sari buah, dan minuman penyegar. Tanah diatom juga digunakan sebagai bahan pipa uap, alat pengedap suara, bahan cat, dan piringan hitam. Kekerasannya dimanfaatkan sebagai pelicin dan bahan amplas.



Gambar 4.15 Berbagai jenis *Diatom* dan cara pembelahan sel.

Sumber: *Botani Umum*, 1985



Gambar 4.16 *Noctiluca* merupakan salah satu jenis Dinoflagelata.

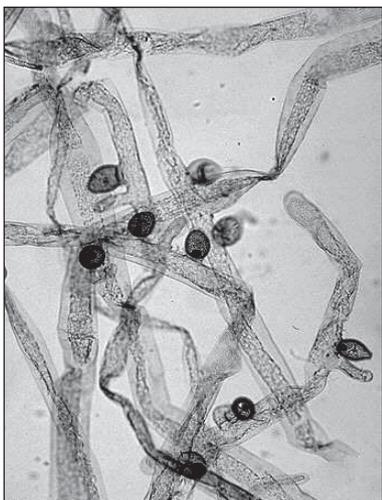
Sumber: Botani Umum, 1985

cangkangnya mengandung fosfor sehingga memendarkan cahaya di malam hari. Di dalam sitoplasma terdapat plastida yang berisi pigmen klorofil dan pigmen cokelat kekuning-kuningan. Ganggang ini berkembang biak dengan pembelahan sel. Contoh Dinoflagellata adalah *Noctiluca* yang dapat menghasilkan cahaya berpendaran di laut pada malam hari (bioluminesen).

6. Chrysophyta

Chrysophyta atau ganggang keemasan meliputi \pm 850 jenis. Selnnya mempunyai plastida berwarna hijau kekuningan/cokelat keemasan yang disebabkan oleh pigmen xantofil dalam jumlah banyak. Chrysophyta ada yang hidup soliter dan ada yang berkoloni. Sebagian besar Chrysophyta mempunyai flagela, namun ada pula bersifat amoeboid karena tidak ber dinding. Bentuk sel atau koloni bermacam-macam. Dapat hidup di air maupun daratan. Chrysophyta yang hidup di darat sering ditemui sebagai selaput seperti beludru di tepi kolam, tepi perairan, atau di tanah yang lembab. Selain laminarin, Chrysophyta menyimpan kelebihan makanan dalam bentuk minyak sehingga merupakan komponen penting dalam pembentukan minyak bumi.

- a. *Ochromonas* merupakan jenis Chrysophyta uniseluler yang mempunyai dua flagela, satu panjang dan satu pendek. *Ochromonas* dapat tumbuh secara autotrof dengan menggunakan energi cahaya matahari atau secara heterotrof dengan menyerap makanan.
- b. *Vaucheria* hidup berkoloni dalam filamen yang berbentuk tabung yang kadang-kadang bercabang. Jenis yang hidup di darat menempel pada permukaan dengan rizoid yaitu cabang-cabang menyerupai akar yang tidak berwarna. Filamen *Vaucheria* berinti banyak dan tidak dibatasi oleh dinding sekat yang disebut senosit. Di dalam sitoplasma terdapat vakuola besar di tengah sel. Di dalam sitoplasma terdapat banyak inti, plastida yang berbentuk cakram tanpa pirenoid. Cadangan makanan berupa minyak dalam bentuk tetes-tetes minyak.



Gambar 4.17 *Vaucheria* hidup berkoloni membentuk filamen.

Sumber: www.dipbot.unict

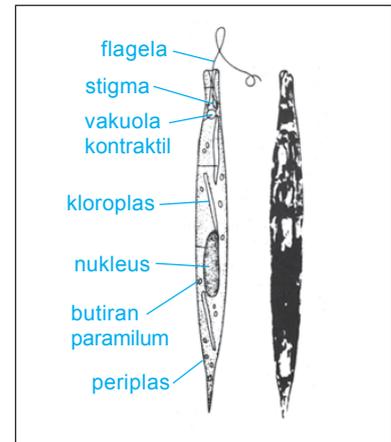
Reproduksi *Vaucheria* berlangsung secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dilakukan dengan pembentukan zoospora multinukleat berukuran besar yang mempunyai banyak flagela. Zoospora ini dianggap sebagai struktur majemuk yang terdiri dari kumpulan zoospora kecil yang berflagela dua yang masing-masing tidak memisahkan diri. Setelah zoospora ini dilepaskan, kemudian bergerak dengan flagelanya ke tempat baru. Setelah menetap, flagela dilepaskan dan berkecambah membentuk *Vaucheria* baru.

Reproduksi seksual dilakukan dengan membentuk oogonia (pembentuk gamet betina) dan anteridia (pembentuk gamet jantan) pada filamen yang sama. Sel telur yang dihasilkan berukuran besar dengan satu inti yang mengandung klorofil.

Sperma yang dihasilkan anteridia mempunyai flagela yang kecil. Setelah terjadi pembuahan akan terbentuk zigot. Setelah dilepaskan dari induknya, zigot siap tumbuh membentuk filamen baru.

7. Euglenophyta

Euglenophyta meliputi sekitar 1.000 jenis ganggang uniseluler yang bergerak aktif dengan flagela. Ganggang ini tersebar luas di perairan maupun di tanah-tanah lembab membentuk selaput seperti beludru. Ganggang ini melakukan reproduksi aseksual dengan pembelahan biner membujur. Contoh yang terkenal adalah *Euglena*. *Euglena* menunjukkan ciri-ciri binatang yaitu tidak mempunyai dinding sel dari selulosa. Membran luarnya lentur dan dapat diregangkan. Beberapa spesies mempunyai bintik mata yang jelas. Di dalam selnya terdapat vakuola kontraktil dan fibril-fibril/mikrotubula. Namun demikian *Euglena* melakukan fotosintesis karena mempunyai kloroplas dan bersifat autotrof fakultatif.



Gambar 4.18 *Euglena acus* termasuk dalam Euglenophyta.

Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005

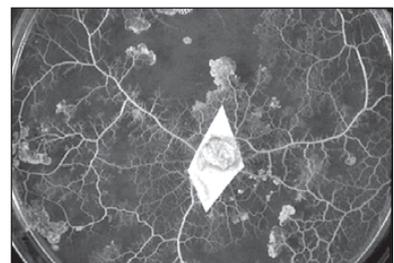
Tugas 4.2

1. Pertumbuhan Dinoflagellata di laut yang sangat pesat menimbulkan pasang merah (*red tide*) yang dapat membahayakan organisme lain dan kesehatan manusia. Apakah yang menyebabkan terjadinya pasang merah? Apakah efek yang ditimbulkan dan bagaimana usaha untuk menghindarinya?
2. Buatlah tabel yang mengungkapkan bahan-bahan yang dihasilkan ganggang dan pemanfaatannya dalam industri dan kehidupan sehari-hari, kemudian kumpulkan sebagai tugas portofolio.

C

Protista Menyerupai Jamur

Protista menyerupai jamur terdiri dari kelompok jamur lendir (*slime mold*). Jamur lendir meliputi sekelompok mikroorganisme yang heterogen. Jamur lendir mempunyai ciri-ciri menyerupai hewan dan jamur. Daur hidupnya melalui fase vegetatif dan generatif yang bergantian. Fase vegetatifnya menyerupai lendir yang dapat bergerak seperti hewan (disebut *plasmodium*), namun struktur reproduksinya dapat menghasilkan spora yang terbungkus dinding sel seperti pada jamur. Jamur lendir tidak memiliki klorofil sehingga semuanya bersifat heterotrof yang memakan bahan organik (dekomposer atau saprofit), bakteri, dan Protozoa atau bersifat parasit pada organisme lain. Habitatnya adalah di perairan, tempat yang sejuk dan lembab seperti di dasar hutan hujan tropis, serasah daun dan kayu lapuk, dan di tanah lembab yang banyak mengandung bahan organik. Peranan jamur lendir adalah sebagai dekomposer, mengendalikan pertumbuhan bakteri dan protozoa, dan menyebabkan penyakit pada hewan dan tanaman budidaya.



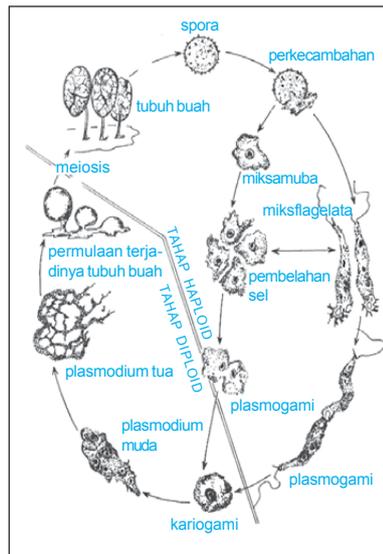
Gambar 4.19 Jamur lendir *Physarium* yang ditumbuhkan pada media agar.

Sumber: www.bioweb.uncc.edu



Gambar 4.20 Tubuh buah yang dihasilkan jamur lendir.

Sumber: www.wikipedia.com



Gambar 4.21 Daur hidup *Physarium polycephalum*, salah satu jenis Myxomycetes.

Sumber: *Repro Bank Gambar Penerbit, 2006*

Protozoa menyerupai jamur dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu jamur lendir sejati (Myxomycetes, filum Amoebozoa), jamur lendir endoparasit (Plasmodiophoromycetes), jamur lendir seluler (Acrasiomycetes), jamur lendir jaring (Labyrinthulomycetes) dan jamur air (Oomycetes). Sistem klasifikasi lama memasukkan jamur lendir endoparasit, jamur lendir seluler, dan jamur lendir jaring ke dalam Myxomycetes, namun sekarang dipisah menjadi kelas tersendiri yang bersama-sama dengan jamur air dimasukkan dalam filum Heterokontophyta.

1. Myxomycetes

Beberapa ahli menyebut Myxomycetes sebagai *Mycetozoa* karena dalam daur hidupnya dijumpai tahapan yang serupa dengan kehidupan Protozoa, diselingi dengan tahapan yang menyerupai kehidupan jamur. Dalam siklus hidupnya terdapat fase vegetatif yang diselingi dengan fase generatif. Pada *fase vegetatif* bentuknya menyerupai lendir yang dapat berpindah-pindah dengan menjulur ke tempat-tempat yang mengandung banyak makanan. Sel Myxomycetes menyerupai protoplasma *Amoeba* dengan banyak inti (multinukleat) yang tidak ber dinding yang disebut *plasmodium*. Ukuran dan warnanya sangat beragam dan bentuknya berubah-ubah ketika merayap di atas permukaan substrat. Organisme ini memakan bakteri, Protozoa, spora jamur lain, dan bahan-bahan organik lain seperti sisa-sisa daun, ranting, dan kayu. Makanan diserap dengan *fagositosis* dan dicerna dalam *vakuola makanan* dan sisa-sisa yang tidak dicerna dikeluarkan dari vakuola. Jika lingkungan tidak menguntungkan, jamur lendir ini membentuk sel yang ber dinding tebal dan keras yang disebut *sklerotium*.

Pada *fase generatif/reproduktif*, Myxomycetes hidup menetap dan mempunyai bentuk yang khas berupa tubuh buah (sporangium) yang mempunyai dinding sel yang disebut *peridium*. Tubuh buah Myxomycetes menghasilkan spora-spora haploid yang berflagela disebut *miksflagelata* (*myxoflagellata*). Spora ini tahan terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Flagela pada spora berfungsi untuk bergerak dan dapat dilepaskan ketika tumbuh menjadi individu baru yang disebut *miksamuba* (*myxoamoeba*). Contoh Myxomycetes adalah *Ceratiomyxa fructilosa*, *Physarium polycephalum*, *Didymium nigripes*, *Trichia persimilis*, dan *Stemonitis splendens*. Perhatikan daur hidup *Physarium polycephalum* salah satu jenis Myxomycetes dari ordo Physarales.

2. Plasmodiophoromycetes

Mikroorganisme ini menyerupai Myxomycetes, namun plasmodium multinukleatnya berkembang di dalam jaringan tumbuhan inang. Plasmodium menghasilkan zoosporangium yang menghasilkan spora. Infeksi terjadi jika zoospora menembus akar tanaman inang dan tumbuh menjadi

myxoamoeba (perkecambahan spora yang menghasilkan bentuk serupa amoeba) yang kemudian tumbuh menjadi plasmodium. Ketika ukuran plasmodium bertambah mengakibatkan akar-akar tanaman inang membengkak menyebabkan penyakit yang disebut bengkak akar. Pada tahap ini spora dibentuk dan tetap tinggal di dalam sel-sel tanaman inang. Spora Plasmodiophoromycetes tidak dihasilkan di dalam tubuh buah seperti dijumpai pada jamur lendir yang lain. Apabila tanaman inang mati dan membusuk, spora-spora Plasmodiophoromycetes dibebaskan dan siap untuk menginfeksi bibit-bibit tanaman baru. Tanaman yang sering digunakan sebagai inang adalah tanaman kentang dan kubis yang menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan diakhiri dengan kematian sebelum waktunya. Kelompok Plasmodiophoromycetes yang lain merupakan parasit pada ganggang air tawar.

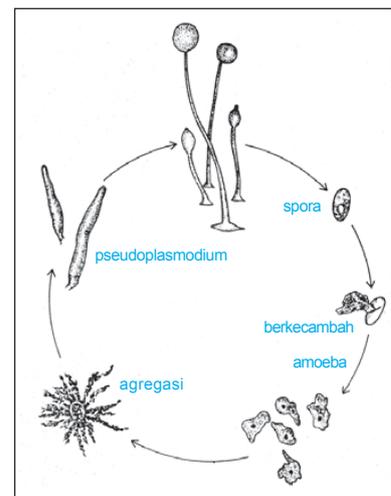
Contohnya adalah *Plasmodiophora brassicae* yang menyebabkan bengkak akar pada tanaman kubis, *Spongospora subterranean* merupakan parasit pada tanaman kentang, *Sorodiscus*, *Tetramyxa*, *Octomyxa*, dan *Polymyxa*.

3. Acrasiomycetes

Acrasiomycetes merupakan jamur lendir seluler yang hidup bebas dan amoeboid (berbentuk menyerupai amoeba), namun plasmodiumnya tidak multinukleat. Dapat dijumpai di berbagai tempat di dalam tanah yang banyak mengandung bahan organik, memakan bakteri dan zat-zat organik. Tubuh buah Acrasiomycetes disebut *sorokarp* yaitu tubuh buah yang sering ditemukan bercabang-cabang dan tiap ujung cabang membentuk kelompok-kelompok spora. Spora Acrasiomycetes berbentuk seperti bola atau telur dengan dinding sel tipis yang mengandung selulosa. Pada beberapa spesies yang lain, spora yang dihasilkan tidak mengandung dinding sel yang disebut *pseudospora*. Spora akan berkecambah membentuk miksamuba yang kemudian tumbuh menjadi plasmodium. Contoh jamur lendir seluler adalah *Acrasis*, *Sappina*, *Polysphodylium*, dan *Dictyostelium discoideum*.

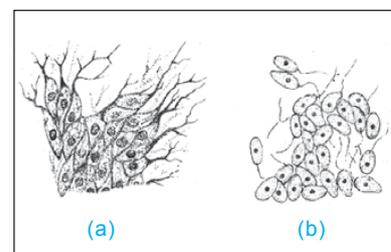
4. Labyrinthulomycetes

Jamur lendir dalam kelas Labyrinthulomycetes memiliki sedikit persamaan dengan golongan jamur. Kebanyakan dijumpai di lingkungan laut dan menjadi parasit atau saprofit pada ganggang laut. Namun beberapa jenisnya juga dijumpai di daratan. Jamur lendir ini pada permukaannya terdapat jaring halus yang berasal dari lendir yang dikeluarkannya. Sel-selnya sebagian besar berbentuk lonjong atau seperti gelendong. Sel-sel ini tidak berdinding dan tiap sel berinti satu. Sel-sel tersebut terhimpun menjadi satu kelompok oleh benang-benang dari lendir yang dihasilkannya. Sejumlah sel kemudian berkelompok dan membentuk sporosit yang menghasilkan spora. Spora Labytunthulomycetes berselaput lendir dan berflagela dua.



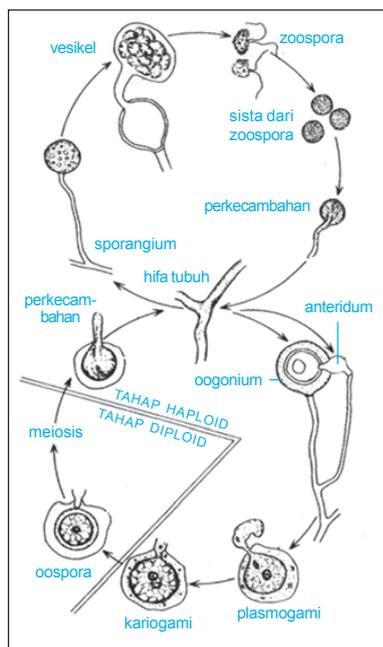
Gambar 4.22 Daur hidup *Dictyostelium discoideum*, salah satu jenis Acrasiomycetes.

Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005



Gambar 4.23 Pseudoplasmodium dari Labyrinthulomycetes: (a) jenis *Labyrinthula vitellina* dan (b) jenis *L. minuta*.

Sumber: Repro Bank Gambar penerbit, 2006



Gambar 4.24 Daur hidup *Phytium debaryanum*, salah satu jenis Oomycetes.

Sumber: *Repro Bank Gambar Penerbit, 2006*

Setelah dilepaskan dari sporosit, spora berenang menggunakan flagela. Ketika flagela dilepaskan spora akan tumbuh dan membelah berulang kali membentuk koloni baru. Contoh Labyrinthulomycetes adalah *Labyrinthula minuta*, *L. algeriensis*, *L. vitellina*, dan *L. macrocystis*.

5. Oomycetes

Oomycetes meliputi jenis-jenis jamur lendir uniseluler yang membentuk benang-benang miselium yang bercabang-cabang. Habitatnya di tempat yang lembab atau di perairan. Beberapa jenis bersifat saprofit sebagai dekomposer dan ada yang bersifat parasit pada tanaman dan hewan air. Reproduksi aseksual pada Oomycetes yang hidup di air dengan zoospora berflagel dua, sedangkan yang hidup di darat dengan sporangium dan konidium. Reproduksi seksual dengan oogami. Selnnya membentuk struktur yang mengandung sel telur dan struktur yang membentuk sel sperma. Kedua struktur ini kemudian bersatu sehingga terjadi pembuahan yang menghasilkan zigot diploid yang kemudian tumbuh membentuk spora berdinding tebal yang disebut zoospora dengan dua flagela, satu flagela tidak berbulu menjurus ke belakang dan satu flagela berbulu menjurus ke depan. Zoospora bila berkecambah akan membentuk individu baru. Oomycetes penting secara ekonomi dan ilmu pengetahuan karena banyak menyebabkan penyakit pada hewan dan tanaman budidaya, contohnya adalah sebagai berikut.

- Lagenidium rabenhorstii*, mempunyai hifa bercabang yang hidup parasit dalam sel-sel ganggang.
- Saprolegnia parasitica* parasit pada ikan dan telur-telur ikan.
- Phytium debaryanum* menyebabkan busuk pada kecambah.
- Phytophthora infestans*, merupakan parasit yang menyerang tanaman kentang, tomat, dan sebagainya.
- Pythophtora faberi*, menimbulkan penyakit pada tanaman karet pada luka bekas sadapan.
- Plasmopara viticola*, merupakan parasit pada tanaman anggur.
- Pseudoperonospora cubensis*, parasit pada tanaman mentimun.
- Albugo candida*, parasit pada tanaman kol, kubis, dan kelompok Cruciferae yang lain.

Bio Info

Oomycetes

Oomycetes dulu dikelompokkan dalam kingdom Fungi, tetapi karena menunjukkan beberapa perbedaan maka dimasukkan ke dalam kindom Protista. Dinding sel Oomycetes tersusun atas selulosa bukan berupa zat kitin seperti jamur. Selain itu hifanya tidak bersekat dan fase vegetatifnya bersifat diploid. Pada jamur fase vegetatif ini bersifat haploid. Dalam sistem klasifikasi terbaru Oomycetes dikelompokkan dalam filum Heterokontophyta.

Tugas 4.3

Sebutkan ciri-ciri jamur lendir, kemudian lakukan diskusi dengan kelompokmu untuk mengidentifikasi ciri-ciri yang menyebabkan jamur lendir tidak dimasukkan ke dalam kingdom Fungi.

Rangkuman

- Protista merupakan organisme eukariotik mikroskopis yang memiliki ciri-ciri hewan, tumbuhan, atau jamur namun tidak dapat dikelompokkan dalam kingdom Animalia, Plantae, dan Fungi.
- Protista menyerupai hewan disebut Protozoa, terdiri dari empat filum yang dibedakan berdasarkan alat geraknya yaitu Flagellata, Sarcodina, Ciliata, dan Sporozoa.
- Protozoa kebanyakan berukuran mikroskopis, uniseluler, heterotrof, kebanyakan berkembang biak dengan membelah diri, dan habitatnya di perairan atau tempat-tempat yang lembab. Protozoa ada yang hidup sebagai saprofit, bersimbiosis dengan organisme lain, dan parasit pada tumbuhan, hewan, dan manusia.
- Protista menyerupai tumbuhan disebut ganggang, mempunyai klorofil namun belum ada diferensiasi sel sehingga seluruh bagiannya merupakan talus. Berdasarkan pigmen dan ciri morfologi dan fisiologinya, dikelompokkan menjadi Chlorophyta, Phaeophyta, Rhodophyta, Bacillariophyta, Dinoflagellata, Chrysophyta, dan Euglenophyta.
- Ganggang bersifat eukariotik, ada yang uniseluler dan multiseluler, hidup soliter atau berkoloni, berukuran mikroskopis hingga makroskopis, mempunyai klorofil a dan pigmen lain sehingga bersifat autotrof. Reproduksi secara aseksual dengan pembelahan, fragmentasi, dan zoospora, sedangkan reproduksi seksual dengan konjugasi, isogami, anisogami, dan oogami.
- Protista menyerupai jamur terdiri dari kelompok jamur lendir yang mempunyai ciri seperti jamur tetapi dalam daur hidupnya terdapat fase yang dapat bergerak yang disebut plasmodium. Jamur lendir terdiri dari lima kelas yaitu Myxomycetes, Plasmodiophoromycetes, Acrasiomycetes, Labyrinthulomycetes, dan Oomycetes.
- Jamur lendir tidak berklorofil sehingga bersifat heterotrof sebagai saprofit dan parasit, fase vegetatifnya menyerupai lendir yang dapat bergerak dan disebut plasmodium, fase generatifnya menghasilkan spora seperti pada jamur. Habitatnya adalah di perairan dan tempat-tempat yang lembab. Beberapa jenis dapat menyebabkan penyakit pada hewan dan tanaman budidaya.

Latihan 4

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Protozoa dibedakan menjadi empat kelompok berdasarkan
 - a. ukuran sel
 - b. alat gerak
 - c. pigmen
 - d. simbiosis
 - e. nutrisi
2. Organela pada *Amoeba proteus* yang berperan dalam proses pengeluaran sisa metabolisme, mengatur kadar air dalam tubuh dan tekanan osmosis sel adalah
 - a. vakuola makanan
 - b. plasmolema
 - c. endoplasma
 - d. vakuola kontraktil
 - e. ektoplasma
3. Kelas *Sarcodina* yang bermanfaat sebagai bahan penggosok adalah
 - a. *Foraminifera*
 - b. *Radiolaria*
 - c. *Paramecium*
 - d. *Stentor*
 - e. *Forficella*
4. *Plasmodium* dapat memperbanyak diri dengan cara generatif dan berlangsung secara
 - a. hormogonium
 - b. anisogami
 - c. plasmogami
 - d. fragmentasi
 - e. konjugasi

5. Filum Protista yang banyak digunakan sebagai bahan makanan di daerah pantai seperti agar-agar adalah ...
 - a. *Sarcodina*
 - b. *Mastigophora*
 - c. *Ciliophora*
 - d. *Pyrrophyta*
 - e. *Rhodophyta*
6. Agar yang sering digunakan untuk membuat medium pertumbuhan bakteri dan jamur diperoleh dari ganggang
 - a. *Sargassum*
 - b. *Euchema*
 - c. *Macrocystis*
 - d. *Ulva*
 - e. *Spyrogyra*
7. *Euglena* sering dimasukkan ke dalam kelompok hewan karena
 - a. mempunyai bintik mata
 - b. dapat bergerak dengan flagela
 - c. mempunyai klorofil
 - d. dapat bersifat heterotrof
 - e. berkembang biak dengan membelah diri
8. Fase vegetatif jamur lendir yang dapat bergerak seperti hewan disebut
 - a. amoeba
 - b. plasmodium
 - c. myxoamoeba
 - d. sporangium
 - e. anteridium
9. Jamur air yang sering menyebabkan kematian pada kecambah tanaman adalah
 - a. *Phytophthora infestan*
 - b. *Phyitium*
 - c. *Saprolegnia*
 - d. *Fuligo*
 - e. *Acrasis*
10. *Plasmodiophora brassicae* menyebabkan busuk akar pada tanaman
 - a. kentang
 - b. tembakau
 - c. kubis
 - d. karet
 - e. tomat

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Anggota Kingdom Protista mempunyai ciri menyerupai hewan, tumbuhan, atau jamur. Mengapa anggota Kingdom Protista tidak dapat dimasukkan ke dalam Kingdom Animalia, Plantae, atau Fungi?
2. Bagaimanakah cara Protozoa memperoleh dan memproses makanan?
3. Jelaskan secara singkat proses reproduksi seksual dengan cara konjugasi pada *Paramecium caudatum*.
4. Sebutkan plastida yang dimiliki ganggang dan fungsinya. Mengapa kelompok ganggang yang mempunyai pigmen berbeda cenderung menempati kedalaman yang berbeda?
5. Jelaskan reproduksi seksual pada Myxomycetes.

Wacana

Protozoa dan Ruminansia

Rumen hewan ruminansia atau hewan memamah biak dihuni oleh Protozoa dan bakteri yang membantu mencerna selulosa. Kamu tentu bahwa makanan hewan ini adalah tumbuh-tumbuhan seperti rumput, jerami, dan daun-daunan, padahal hewan ini tidak mempunyai enzim selulase untuk mencerna selulosa yang terdapat pada dinding sel tumbuhan. Oleh karena itu jenis dan populasi mikroorganisme ini mempengaruhi pertumbuhan hewan yang ditumpainya.

Diskusikan dengan temanmu, mengapa populasi bakteri dan Protozoa dapat memengaruhi pertumbuhan hewan ruminansia? Bagaimanakah hubungan antara Protozoa dan bakteri dalam rumen atau di lingkungan lainnya?

BAB

V

Fungi/Jamur

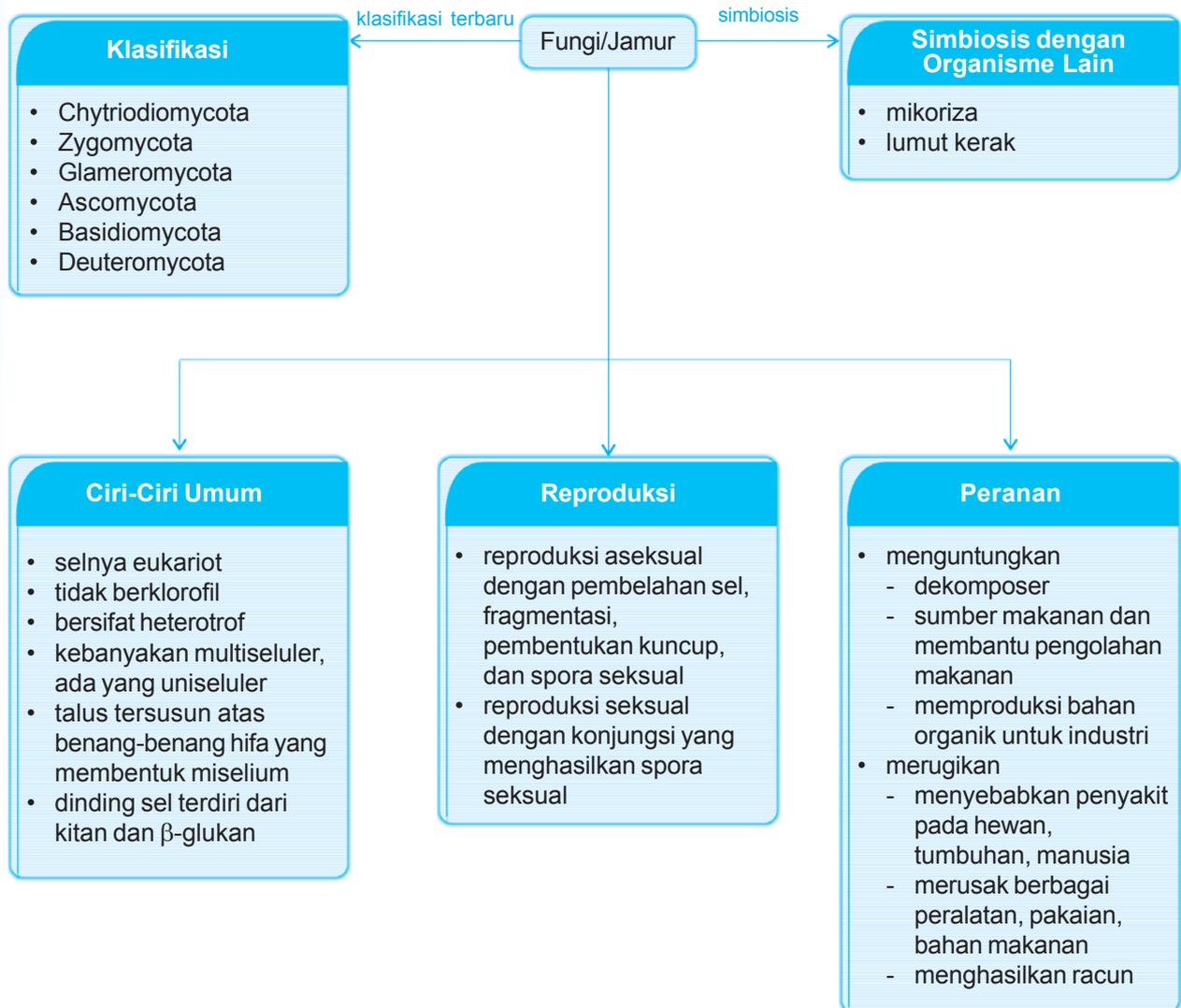
Dalam bab ini kamu akan mempelajari ciri-ciri jamur dan peranannya dalam kehidupan. Kamu juga akan diajari melakukan pengamatan, percobaan, dan studi literatur untuk mengenal jenis-jenis jamur beserta ciri-cirinya.

Kata kunci:

hifa, miselium, spora, heterotrof, dekomposer, mikoriza, lumut kerak,



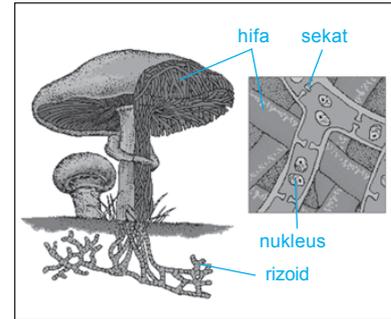
Peta Konsep



Tentu kamu pernah makan masakan jamur merang, enak bukan. Jamur merang merupakan salah satu jamur makroskopis yang banyak dibudidayakan. Sesungguhnya masih banyak jenis jamur yang lain termasuk jamur mikroskopis. Apakah jamur itu? Bagaimana ciri-cirinya dan bagaimana peranannya dalam kehidupan?

Dalam bab ini kamu akan mempelajari ciri-ciri jamur dan peranannya dalam kehidupan. Kamu juga akan diajari melakukan pengamatan, percobaan, dan studi literatur untuk mengenal jenis-jenis jamur beserta ciri-cirinya. Setelah mempelajari bab ini diharapkan kamu dapat mendeskripsikan ciri-ciri jamur dan mengkomunikasikan peranannya dalam kehidupan.

Fungi atau jamur merupakan kelompok organisme eukariot, kebanyakan multiseluler namun ada yang uniseluler dengan ciri khas yaitu talusnya berupa benang-benang hifa yang membentuk miselium dan memperoleh makanan dengan cara menyerap zat organik secara langsung (bersifat heterotrof). Jamur tersebar luas di alam, kebanyakan hidup bebas di darat dan di air. Bersama dengan bakteri dan protista, jamur saprofit berperan sebagai organisme pembusuk dan pengurai materi organik. Beberapa jenis merupakan parasit yang dapat menyebabkan penyakit serius pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Ada pula yang hidup bersama (bersimbiosis) dengan organisme lain. Banyak jenis jamur yang dimanfaatkan sebagai sumber makanan secara langsung atau untuk memproses bahan makanan dan digunakan dalam industri dan laboratorium. Saat ini ditemukan tidak kurang dari 100.000 jenis jamur. Ilmu yang mempelajari jamur disebut mikologi.



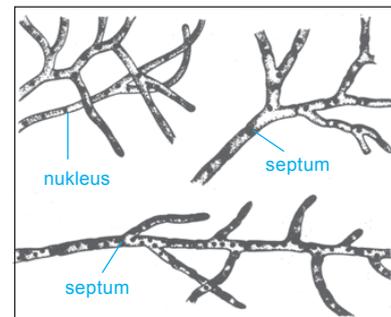
Gambar 5.1 Struktur umum jamur.
Sumber: Microsoft Encarta, 2006

A Ciri-Ciri dan Struktur Jamur

Bentuk umum jamur berupa benang-benang yang dilapisi dinding sel kaku yang disebut *hifa*. Hifa bercabang-cabang membentuk *miselium*. Beberapa jamur uniseluler misalnya khamir (ragi) tidak membentuk miselium. Terdapat dua jenis miselium yaitu *miselium vegetatif/somatik* berfungsi untuk menyerap zat organik dari lingkungannya, sedangkan *miselium reproduktif* menghasilkan spora untuk perkembangbiakan. Beberapa jenis jamur pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan membentuk miselium yang membulat yang tahan terhadap pengaruh lingkungan yang disebut *sklerotia*.

Hifa jamur berbentuk benang-benang halus yang berisi protoplasma. Setiap hifa lebarnya antara 5 – 10 mikrometer. Sebagian jamur hifanya bersekat-sekat yang disebut *septa*. Sitoplasma dan nukleus dapat berpindah dari satu ruang ke ruang yang lain melalui pori-pori pada septa. Sel-sel dalam hifa dapat mengandung satu atau lebih inti sel. Berdasarkan morfologinya hifa dibedakan menjadi tiga macam.

1. Hifa asepta atau *senosit*, yaitu hifa yang tidak mempunyai sekat dari dinding sel.
2. Hifa bersekat (bersepta) dengan sel berinti tunggal (uninukleat). Setiap ruang yang dibatasi septa sering dikatakan sebagai sel.
3. Hifa bersepta dengan sel-sel multinukleat.



Gambar 5.2 Jenis-jenis hifa jamur.
Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005

Bagian jamur yang tampak sehari-hari adalah tubuh buah atau *sporofor* yang bervariasi dalam ukuran, bentuk, warna, dan ketahanan hidupnya. Pada beberapa jenis jamur tubuh buah berukuran sangat kecil yang hanya dapat diamati dengan mikroskop, misalnya sel-sel khamir lebarnya berkisar antara 1 – 5 mikrometer dengan panjang 5 – 30 mikrometer atau lebih. Biasanya berbentuk bulat seperti bola atau bulat memanjang dan tidak mempunyai alat gerak. Jenis jamur yang lain tubuh buahnya dapat mencapai diameter 20 – 25 cm dan panjang 25 – 30 cm. Jamur terbesar yang pernah ditemukan diameternya mencapai 150 cm. Beberapa jamur dapat berubah bentuk sesuai dengan kondisi lingkungan. Sifat ini disebut *dimorfisme*, contohnya jamur *Histoplasma capsulatum* (dapat menyebabkan tuberculosis pada manusia) tumbuh normal di tanah membentuk miselium, tetapi jika berada di dalam tubuh manusia akan berbentuk uniseluler akibat peningkatan suhu dan tersedia cukup makanan.

Jamur belum mempunyai akar, batang, dan daun sehingga keseluruhannya disebut *talus*. Talus jamur ada yang membentuk struktur menyerupai akar, batang, dan daun tumbuhan. Jamur mempunyai dinding yang tersusun atas zat kitin dan β -glukan. Jamur tidak mempunyai klorofil sehingga hidupnya bersifat heterotrof yaitu memperoleh makanan secara parasit, saprofit, maupun bersimbiosis dengan organisme lain. Jamur memperoleh makanan dengan menyerap karbohidrat terlarut secara langsung seperti glukosa, sukrosa, dan fruktosa. Jika yang tersedia adalah polisakarida tak larut seperti selulosa, pati, hemiselulosa, dan lignin, maka jamur mengeluarkan enzim untuk mencerna secara ekstraseluler dan menyerap hasilnya. Selain membutuhkan zat organik yang diperoleh dari makhluk hidup lain, jamur juga memerlukan beberapa zat anorganik dalam metabolismenya.

Jamur menyukai tempat-tempat yang lembab, kaya bahan organik, dan pH-nya agak asam. Kebanyakan jamur bersifat mesofilik yaitu tumbuh optimum pada suhu 20° – 30°C. Namun ditemukan juga jenis jamur termofilik yang mampu tumbuh pada suhu di atas 50°C. Pada suhu 0°C atau kurang beberapa jamur psikrofilik dapat hidup dan disebut jamur salju. Jamur inilah yang sering merusak bahan makanan yang didinginkan.

Untuk mengamati ciri-ciri jamur, lakukan **Kegiatan 5.1** berikut ini

Kegiatan 5.1

Mengamati Jamur

A. Tujuan

Mengetahui ciri-ciri umum jamur.

B. Alat dan Bahan

1. Berbagai jenis jamur di lingkungan sekitar.
2. Kaca pembesar dan pinset.

C. Cara Kerja

1. Kumpulkan semua jenis jamur yang dapat kamu temukan di lingkungan sekitarmu.
2. Ketika kamu mengambil dari habitatnya, amatilah di mana jamur itu hidup dan catatlah keadaan lingkungan tempat hidupnya.
3. Amatilah jamur yang kamu ambil. Jika perlu kamu dapat menggunakan bantuan kaca pembesar. Buatlah skema jamur yang kamu amati dan berilah keterangan beserta uraian/ciri-ciri dari masing-masing jamur.
4. Kelompokkan dan cobalah untuk mengidentifikasi jamur yang berhasil kamu temukan. Mana yang aman dimakan? Bagaimana mengidentifikasi jamur-jamur yang beracun?

D. Pertanyaan untuk Diskusi

1. Ciri khas apa yang membedakan jamur dengan kelompok organisme lain?
2. Bagaimanakah keadaan lingkungan yang sesuai untuk tempat tumbuhnya jamur?
3. Kemukakan ada berapa kelompok jamur yang kamu temukan dan jangan lupa untuk menyampaikan dasar pengelompokan itu.

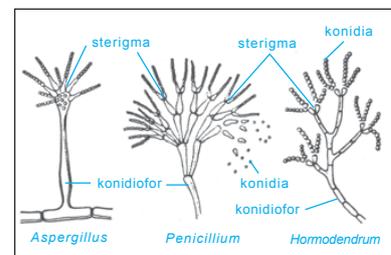
B

Perkembangbiakan Jamur

Jamur berkembang biak secara aseksual maupun seksual. Reproduksi aseksual dilakukan ketika sumber makanan melimpah dan reproduksi seksual dilakukan ketika sumber makanan sedikit atau lingkungan kurang menguntungkan.

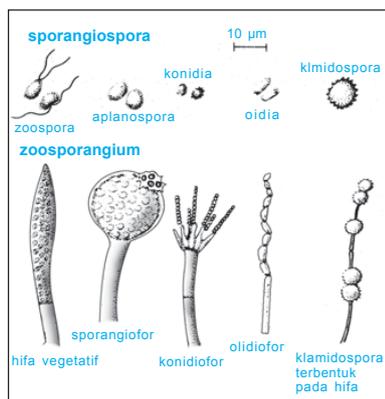
Reproduksi aseksual yang paling sederhana adalah dengan fragmentasi talus. Fragmen-fragmen talus yang terpisah dapat tumbuh menjadi jamur yang utuh. Jamur uniseluler berkembang biak dengan membelah diri. Semua jamur dapat membentuk tunas atau kuncup. Kuncup berkembang dari permukaan hifa. Sel pada hifa tersebut kemudian mengalami pembelahan nukleus, satu nukleus mengisi kuncup dan nukleus yang lain tetap berada di dalam sel semula. Dalam satu hifa dapat dibentuk lebih dari satu kuncup sekaligus. Kuncup dapat segera melepaskan diri dari hifa induk dan tumbuh membentuk jamur baru. Perkembangbiakan aseksual pada jamur yang paling utama adalah dengan membentuk spora aseksual haploid (sering disebut mitospora yaitu spora yang dihasilkan dari pembelahan mitosis). Sebuah jamur dapat menghasilkan hingga lebih dari 12 milyar spora pada setiap badan buahnya, bahkan jamur yang lebih besar dapat mencapai ratusan milyar. Spora merupakan alat penyebaran yang utama pada jamur. Spora aseksual terdiri dari beberapa jenis.

1. Konidiospora atau konidium, yaitu spora yang dibentuk di ujung atau sisi suatu hifa. Konidium kecil bersel satu disebut mikrokonidia, sedangkan konidium yang besar dan bersel banyak disebut makrokonidia.



Gambar 5.3 Berbagai macam bentuk konidia jamur.

Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005

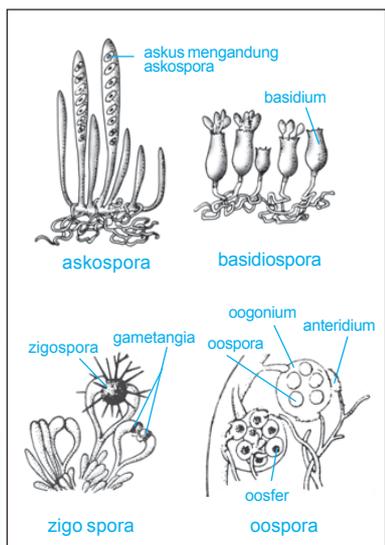


Gambar 5.4 Berbagai jenis spora aseksual pada jamur.

Sumber: *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, 2005

2. Sporangiospora, dibentuk di dalam kantong yang disebut sporangium yang terletak pada ujung hifa khusus yang disebut sprangiosfor. Sporangiospora ada yang dapat bergerak menggunakan flagella disebut zoospora dan ada pula yang tidak dapat bergerak disebut aplanospora.
3. Arthrospora atau oidium, merupakan spora yang terbentuk pada sel-sel hifa yang terputus.
4. Klamidospora, yaitu spora berdinding tebal yang dibentuk ketika keadaan lingkungan tidak menguntungkan bagi pertumbuhan jamur. Spora ini sangat tahan terhadap lingkungan yang ekstrim seperti kekeringan dan paparan bahan kimia.
5. Blastospora, merupakan kuncup atau tunas pada jamur uniseluler yaitu khamir.

Perkembangbiakan seksual pada jamur melalui beberapa tahap yaitu plasmogami, kariogami, dan meiosis. Jamur tidak mempunyai alat kelamin jantan dan betina, yang ada adalah hifa (+) dan hifa (-). Plasmogami merupakan proses terjadinya fusi dari dua protoplas dari sel-sel hifa (+) dan (-) yang bersesuaian. Plasmogami dapat terjadi melalui konjugasi, isogami, anisogami, oogami, gametangiogami, dan somatogami. Setelah plasmogami, dihasilkan sebuah sel yang mempunyai dua nukleus (dikarion) karena nukleus dari kedua sel tidak langsung bergabung. Pada beberapa jamur periode dikarion ini berlangsung cukup lama. Dua nukleus itu kemudian mengalami kariogami (penyatuan nukleus) menghasilkan sel dengan nukleus diploid yang disebut zigot. Setelah terjadi kariogami, zigot yang terbentuk segera melakukan pembelahan meiosis menghasilkan spora-spora seksual yang haploid (spora seksual sering disebut meiospora). Beberapa jenis spora seksual adalah sebagai berikut.



Gambar 5.5 Berbagai jenis spora seksual pada jamur.

Sumber: *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, 2005

1. Askospora, yaitu spora bersel satu yang dihasilkan dalam suatu kantong yang disebut askus.
2. Basidiospora, yaitu spora bersel satu yang dibentuk di dalam suatu badan menyerupai gada yang disebut basidium.
3. Zigospora, yaitu spora berdinding tebal yang dibentuk melalui peleburan dua ujung hifa reproduktif (gametangia) yang tidak dapat dibedakan jantan dan betinanya.
4. Oospora, merupakan spora yang dibentuk melalui peleburan gamet jantan yang dihasilkan anteridia dengan gamet betina yang dihasilkan oogonia. Oospora dibentuk di dalam oogonium.

Spora yang dihasilkan apabila jatuh pada lingkungan yang sesuai akan tumbuh membentuk hifa, kemudian bercabang-cabang membentuk miselium. Perkembangbiakan secara seksual dilakukan untuk menghasilkan keturunan yang lebih tahan (adaptif) terhadap kondisi lingkungan.

Tugas 5.1

1. Jamur dapat melakukan pencernaan ekstraseluler. Jelaskan proses pencernaan ekstraseluler oleh jamur dan kemukakan pendapatmu apa akibat yang ditimbulkan dari pencernaan ekstraseluler jika jamur itu hidup pada organisme lain.
2. Kamu tentu ingat bahwa bakteri juga dapat menghasilkan spora. Uraikan persamaan dan perbedaan antara spora bakteri dengan spora jamur.

C Klasifikasi Jamur

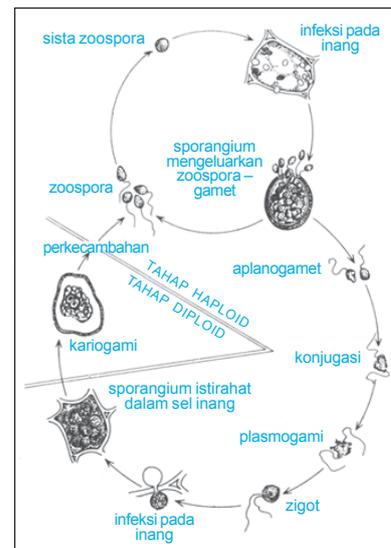
Jamur dikelompokkan berdasarkan ciri-ciri spora yang dihasilkan dan bentuk tubuh buah yang terbentuk pada fase reproduktif. Jamur yang telah jelas menunjukkan tingkat seksualnya disebut jamur sempurna (fungi perfekti) sedangkan jamur yang belum jelas tingkat seksualnya disebut jamur tidak sempurna (fungi imperfekti). Mula-mula jamur dikelompokkan menjadi empat filum yaitu Phycomycota, Ascomycota, Basidiomycota, dan Deuteromycota. Perkembangan sistem klasifikasi yang baru membagi jamur menjadi enam filum yaitu Chytridiomycota, Zigomycota, Glomeromycota, Ascomycota, Basidiomycota, dan Deuteromycota.

1. Chytridiomycota

Chytridiomycota meliputi sekitar 1.000 spesies yang sering dimasukkan ke dalam kingdom Protista karena menghasilkan zoospora berflagela. Hal ini sesuai dengan habitat utamanya di perairan dan tempat yang lembab. Namun demikian Chytridiomycota mempunyai struktur dan cara memperoleh makanan yang menyerupai jamur, sehingga para ahli biologi menganggap Chytridiomycota sebagai penghubung antara Protista dan Fungi. Chytridiomycota merupakan jamur yang sederhana, kebanyakan uniseluler namun beberapa jenis multiseluler, biasanya berinti banyak (senositik). Sebagian besar bersifat saprofit, namun ada yang parasit pada tumbuhan dan hewan. Chytridiomycota melakukan perkembangbiakan secara asexual dengan membentuk zoospora berinti satu dan berflagel yang muncul di ujung belakang. Spora ini dibentuk pada sporangium. Perkembangbiakan seksual dengan peleburan planogamet, peleburan gametangium, dan persatuan antara hifa-hifa atau sel-sel yang bersesuaian.

Contoh:

- a. *Synchytrium endobioticum*, merupakan pathogen pada umbi kentang yang menyebabkan umbi berbintil-bintil.
- b. *Hyzopydium couchii*, merupakan parasit pada ganggang Spirogyra.



Gambar 5.6 Daur hidup *Olpidium viciae*, salah satu jenis Chytridiomycota.

Sumber: *Repro Bank Gambar Penerbit*, 2006

- c) *Olpidium viciae*, merupakan parasit pada tanaman *Vicia unijuga* (kacang-kacangan sebangsa kara).
- d) *Physoderma zeamaydis* menyebabkan noda pirang pada jagung.

2. Zygomycota

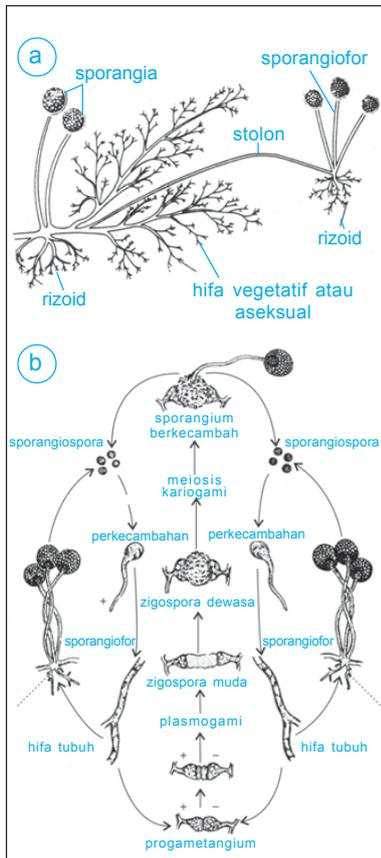
Saat ini dikenal sekitar 600 jenis yang termasuk Zygomycota. Semua jamur ini hanya menghasilkan spora nonmotil (aplanospora) dan tidak menghasilkan spora kembara (zoospora). Hal ini menunjukkan kemajuan tingkat evolusi dari jamur primitif yang hidup di air menuju jamur yang lebih maju yang hidup di darat. Zygomycota banyak ditemukan di tanah lembab yang kaya bahan organik. Sebagian hidup sebagai saprofit dan yang lain merupakan parasit pada tumbuhan, hewan, dan manusia. Hifanya bersifat senosit yaitu tidak bersepta dengan inti haploid, terdapat hifa yang berfungsi sebagai penyerap makanan (*rhizoid*) dan penghubung (*stolon*).

Zygomycota berkembang biak secara aseksual dengan membentuk spora tak berflagela atau aplanospora yang dibentuk dalam sporangium. Sporangium terletak pada ujung sporangiofor yang sering ditemukan bercabang-cabang. Perkembangbiakan seksual dilakukan dengan konjugasi dua gametangium yang berinti banyak. Gametangium ini terbentuk pada ujung hifa. Setelah dua gametangium yang bersesuaian bersatu, dinding pertemuannya akan melebur dan kedua protoplas bersatu membentuk zigot yang berdinding tebal. Zigot mengalami masa istirahat dan kemudian menghasilkan spora yang disebut zigospora. Spora ini kemudian berkecambah, sebagian hifanya membentuk sporangiospora yang menghasilkan sporangium. Dari sporangium inilah dihasilkan ribuan spora yang disebarkan oleh angin.

Contoh Zygomycota adalah sebagai berikut.

- a. *Rhizopus stolonifer* dan *Rhizopus oligosporus* terdapat pada ragi tempe.
- b. *Rhizopus oryzae* terdapat pada ragi tape.
- c. *Entomophthora muscae* parasit pada lalat.
- d. *Basidiobolus ranarum* menyebabkan penyakit pada manusia.

Untuk mengamati jenis jamur Zygomycota, lakukan Kegiatan 5.2.



Gambar 5.7 (a) Struktur *Rhizopus stolonifer*, salah satu jenis Zygomycota dan (b) daur hidupnya.

Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005

Kegiatan 5.2

Mengamati *Rhizopus* sp. (Zygomycota)

A. Tujuan

Mengamati bentuk dan ciri-ciri jamur dalam kelompok Zygomycota.

B. Alat dan Bahan

1. tempe
2. pinset/tusuk gigi
3. mikroskop dan perlengkapannya

C. Cara Kerja

1. Siapkan preparat basah dari jamur dengan cara mengambil sedikit bagian tempe yang menyerupai kapas dengan ujung pinset atau tusuk gigi. Letakkan pada gelas benda yang sudah ditetesi air, dengan hati-hati tutuplah preparatmu dengan kaca penutup agar tidak terbentuk gelembung udara.
2. Amati dengan mikroskop, mula-mula dengan perbesaran 100x, kemudian lanjutkan dengan perbesaran yang lebih tinggi untuk pengamatan yang lebih detail.
3. Jamur yang kamu amati adalah *Rhizopus* sp. Temukan struktur jamur seperti hifa, stolon, rizoid, sporangiofor, sporangium, dan spora. Catatlah ciri-ciri yang lain dan buatlah gambar skematis berdasarkan hasil pengamatanmu dan lengkapilah dengan keterangannya.

D. Pertanyaan untuk Diskusi

1. Bagaimana bentuk umum jamur tempe *Rhizopus* sp?
2. Bagaimanakah keadaan hifanya dan apa warna spora jamur tersebut?
3. Ciri apakah dari pengamatanmu yang menjadi ciri jamur Zygomycota yang membedakan dengan jamur pada kelompok lain?
4. Apa peranan *Rhizopus* sp. pada tempe?

Tugas 5.2

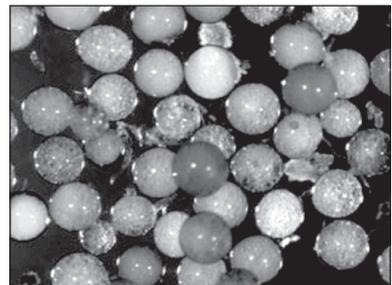
Carilah informasi gizi kedelai sebelum dan sesudah diolah menjadi tempe. Kemukakan peranan jamur tempe dan tuliskan daur hidupnya serta tunjukkan manakah yang disebut ragi tempe.

3. Glomeromycota

Glomeromycota merupakan kelompok jamur yang sebagian besar bersimbiosis dengan tanaman yaitu membentuk mikoriza arbuskuler. Mikoriza merupakan bentuk jamur yang hidup dan bersimbiosis pada akar tanaman tingkat tinggi. Mikoriza membentuk hifa khusus yang tumbuh membentuk miselium yang melingkupi ujung akar. Beberapa jenis tanaman pertanian bergantung pada mikoriza untuk dapat tumbuh optimal. Terdapat dua tipe Mikoriza, yaitu sebagai berikut.

- a. *Ektomikoriza*, hifa jamur tidak menembus ke dalam akar (korteks) melainkan hanya sampai pada epidermis saja, contoh jamur yang berasosiasi dengan akar pinus.
- b. *Endomikoriza*, hifa jamur menembus sampai ke bagian korteks, misalnya terdapat pada tanaman anggrek dan sayuran seperti kol dan bit.

Glomeromycota mula-mula termasuk dalam kingdom Zygomycota, tetapi **Walker** dan **Schubler** pada tahun 2002 memisahkannya menjadi kingdom tersendiri karena terdapat perbedaan dengan Zygomycota. Saat ini baru sekitar 150 jenis Glomeromycota yang telah diteliti. Ciri khas Glomeromycota adalah hidupnya selalu bersimbiosis dengan tumbuhan (tidak dapat hidup bebas), membentuk arbuskuler yang bercabang



Gambar 5.8 Spora *Scutellospora castane*.

Sumber: www.wikipedia.com



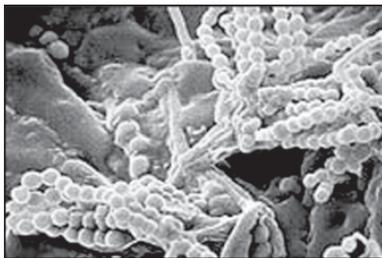
Gambar 5.9 Bentuk arbuskula pada Glomeromycota.

Sumber: www.wikipedia.com

dikotomi pada akar tumbuhan), hifanya tak bersekat, dan menghasilkan spora multinukleat berukuran besar dan berdinding tebal. Arbuskuler merupakan struktur yang digunakan sebagai tempat pertukaran makanan antara jamur dan tanaman inang. Jenis lain membentuk struktur seperti balon pada akar inang yang disebut vesikel. Arbuskuler dan vesikel juga berfungsi sebagai tempat penimbunan hasil metabolisme jamur. Glomeromycota berkembang biak secara asexual membentuk spora. Jika kondisi menguntungkan, spora berkecambah membentuk apresoria pada akar tumbuhan inang dan membentuk mikoriza baru. Reproduksi seksual pada Glomeromycota tidak ditemukan. Beberapa contoh Glomeromycota adalah *Glomus mosseae*, *G. claroideum*, *Archaeospora leptoticha*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, dan *Entrophospora*.

4. Ascomycota

Saat ini dikenal sekitar 15.000 spesies Ascomycota. Jamur ini hifanya kecil memanjang, diameternya sekitar 5 mikrometer yang bercabang-cabang membentuk miselium. Hifanya bersepta dengan satu sel terdiri satu nukleat (hifa uninukleat), namun pada beberapa jenis ditemukan hifa multinukleat. Dinding selnya tersusun atas zat kitin dan β -glukan. Ascomycota bersifat heterotrof baik sebagai saprofit maupun sebagai parasit dan sering bersimbiosis dengan organisme lain seperti Cyanobacteria membentuk lichen atau lumut kerak. Kelompok Ascomycota dicirikan oleh pembentukan *askus* sebagai tempat pembentukan askospora. Askus merupakan kantong tempat terbentuknya askospora, setiap askus berisi antara 2 – 8 askospora, yang kebanyakan hidup sebagai saproba dan parasit pada tumbuhan, hewan, dan manusia.



Gambar 5.10 Bentuk konidiofor pada *Penicillium roqueforti*

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Sebagian Ascomycota berupa jamur uniseluler misalnya khamir atau ragi. Khamir tidak membentuk hifa, selnya berbentuk bulat atau oval yang dapat bertunas (berkuncup) sehingga membentuk rantai sel atau hifa semu. Khamir melakukan reproduksi dengan membentuk tunas yang diikuti pembelahan inti. Terbentuk dua inti sel, salah satu inti sel kemudian bergerak ke dalam kuncup sehingga terbentuk sel anak yang dapat memisahkan diri atau tetap bersatu membentuk koloni. Jika lingkungan kurang menguntungkan sel khamir berkembang biak secara seksual. Sel khamir dapat berfungsi sebagai askus yang berisi empat askospora haploid yang tahan terhadap lingkungan yang tidak menguntungkan. Spora yang dihasilkan dapat berkecambah membentuk sel-sel kecil yang bulat. Kemudian sel-sel yang bersesuaian dapat melakukan peleburan membentuk sel diploid yang berukuran lebih besar.

Ascomycota yang lain berkembang biak secara asexual dengan membelah diri, membentuk tunas, fragmentasi, dan membentuk konidia. Konidia yang dibentuk dapat tunggal atau berantai panjang pada ujung hifa khusus yang disebut konidiofor.

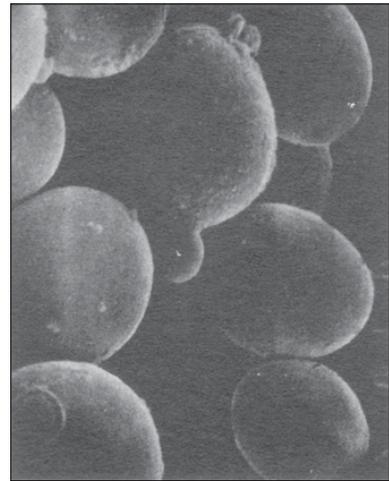
Reproduksi seksual Ascomycota terjadi dengan konjugasi. Mula-mula hifa membentuk gametangia jantan (*anteridium*) dan gametangia betina (*askogonium*). Anteridium dan askogonium saling mendekat dan membentuk saluran yang disebut trikogin. Nukleus anteridium masuk ke askogonium membentuk sel dengan dua inti. Sel ini kemudian tumbuh membentuk hifa yang disebut hifa askogonium dan menghasilkan tubuh buah yang disebut askokarp. Di dalam askokarp 2 inti membelah secara meiosis menghasilkan 8 askospora yaitu spora yang dihasilkan di dalam askus.

Spora yang dihasilkan disebarkan oleh angin dan jika jatuh pada lingkungan yang sesuai akan segera tumbuh membentuk hifa dan dimulailah daur hidup jamur Ascomycota.

Berikut ini beberapa contoh jamur dalam kelas Ascomycota.

- Piedraia hortai* menimbulkan infeksi pada rambut manusia.
- Saccharomyces cerevisiae* digunakan untuk membuat bir, anggur, dan roti.
- Candida albicans* menyebabkan penyakit kandidiasis yaitu penyakit pada selaput lendir mulut, vagina, dan saluran pencernaan.
- Aspergillus flavus* menghasilkan racun aflatoksin.
- Claviceps purpurea* menghasilkan alkaloid dan zat psikotropika.
- Penicillium notatum* menghasilkan antibiotik penisilin.
- Neurospora* digunakan untuk membuat oncom dan berguna dalam penyelidikan genetika.

Untuk mengetahui ciri-ciri jamur Ascomycota, lakukan **Kegiatan 5.3** berikut ini.



Gambar 5.11 *Saccharomyces cerevisiae*, salah satu Ascomycota. Perhatikan pembentukan kuncup.

Sumber: Dasar-Dasar Mikrobiologi, 2005



Kegiatan 5.3

Mengamati Jamur Ascomycota

A. Tujuan

Mengamati beberapa jamur Ascomycota dan menemukan ciri-cirinya.

B. Alat dan Bahan

- Koloni *Penicillium* dan *Aspergillus*
- Pinset atau tusuk gigi
- Mikroskop dan perlengkapannya

C. Cara Kerja

- Siapkan preparat basah dari jamur dengan cara mengambil sedikit saja bagian koloni ujung pinset atau tusuk gigi. Letakkan pada gelas benda yang sudah ditetesi air, kemudian tutuplah preparatmu dengan kaca penutup dan usahakan agar tidak terbentuk gelembung udara.
- Amati dengan mikroskop, mula-mula dengan perbesaran 100x, kemudian dilanjutkan dengan perbesaran yang lebih tinggi agar diperoleh struktur yang lebih rinci.
- Temukan struktur-struktur pada jamur seperti hifa, konidiofor, askospora, askus, sel kaki. Catatlah ciri-ciri yang lain dan buatlah gambar jamur berdasarkan hasil pengamatanmu dan lengkapilah dengan keterangannya.

D. Pertanyaan

1. Bagaimana ciri-ciri makroskopis dan mikroskopis jamur *Penicillium* dan *Aspergillus*?
2. Bagaimanakah keadaan hifa dan bagaimana bentuk dan warna spora?
3. Ciri apakah yang menjadi ciri khas jamur Ascomycota yang membedakan dengan jamur pada kelompok lain?
4. Apa peranan *Penicillium* sp. dan *Aspergillus* sp. dalam kehidupan?

Tugas 5.3

Carilah informasi proses pembuatan anggur sari buah dan jenis jamur yang digunakan, jelaskan peranan jamur dalam proses itu serta tuliskan daur hidupnya.

5. Basidiomycota

Jamur yang sering kita lihat dalam kehidupan sehari-hari sebagian besar termasuk dalam kelas Basidiomycota. Saat ini telah diketahui kurang lebih 12.000 jenis Basidiomycota dan tidak ada satu pun yang menyebabkan infeksi penyakit pada manusia. Kebanyakan Basidiomycota adalah saproba dan parasit pada tumbuhan dan serangga. Beberapa jenis Basidiomycota enak dimakan dan aman, namun banyak ditemukan jenis yang menghasilkan racun mikotoksin yang dapat menyebabkan kematian jika termakan. Jamur yang dibudidayakan karena mempunyai nilai ekonomis disebut jamur.

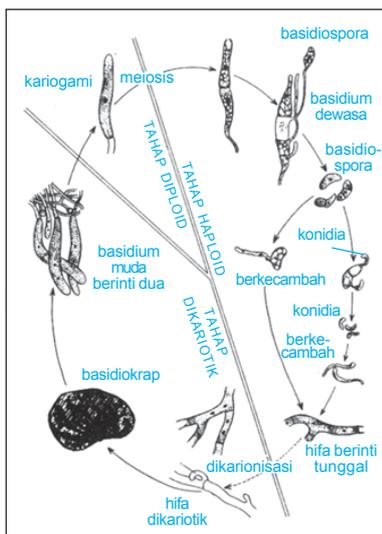
Basidiomycota jarang melakukan reproduksi aseksual, reproduksi seksualnya membentuk basidiospora yang terbentuk di luar basidium. Setiap basidium mengandung 2 atau 4 basidiospora, masing-masing berinti satu dan haploid. Seluruh basidiospora berkumpul membentuk tubuh buah yang disebut basidiokarp. Basidiokarp sering membentuk struktur seperti batang yang disebut *stalk* dan seperti payung yang disebut tudung. Hifanya berseptata dengan sel-sel berinti satu dan berkelompok padat membentuk semacam jaringan. Miselium pada Basidiomycota dapat dibedakan menjadi tiga macam.

- a. Miselium primer, dihasilkan dari spora yang baru tumbuh. Mula-mula miselium ini berinti banyak, kemudian terbentuk septa yang mengandung satu inti dan haploid.
- b. Miselium sekunder, dihasilkan dari plasmogami atau persatuan dua hifa yang bersesuaian. Miselium ini berinti dua yang masing-masing haploid.
- c. Miselium tersier, terdiri atas miselium sekunder yang telah bersatu membentuk semacam jaringan, misalnya membentuk basidiokarp dan basidiofor.

Beberapa contoh jamur dalam kelompok Basidiomycota adalah sebagai berikut.

Contoh:

- a. *Volvariella volvacea* (jamur merang), dapat dimakan dan banyak dibudidayakan.
- b. *Amanita phalloides* menghasilkan racun phalin yang berbahaya.



Gambar 5.12 Daur hidup *Auricularia polytricha*, salah satu jenis Basidiomycota.

Sumber: *Repro Bank Gambar Penerbit*, 2006

- c. *Auricularia polytricha* dapat dimakan.
- d. *Puccinia graminis* menimbulkan penyakit pada tanaman tebu dan jagung.
- e. *Ustilago scitamaniae* parasit pada pucuk daun tanaman Graminae.

Untuk mengetahui ciri-ciri jamur Basidiomycota, lakukan **Kegiatan 5.4** berikut ini.

Kegiatan 5.4

Mengamati Jamur Basidiomycota

A. Tujuan

Mengamati beberapa jamur Basidiomycota dan menemukan ciri-cirinya.

B. Alat dan Bahan

1. Jamur merang, jamur tiram, jamur kayu
2. Kaca pembesar
3. Pisau silet
4. Mikroskop dan perlengkapannya

C. Cara Kerja

1. Amati bagian-bagian jamur, kemudian buatlah gambar dan berilah keterangannya.
2. Ambillah sedikit bagian lamella jamur, kemudian buatlah irisan melintang setipis mungkin dengan pisau silet. Letakkan pada gelas benda yang sudah ditetesi air, kemudian dengan hati-hati tutuplah preparatmu dengan kaca penutup dan usahakan agar tidak terbentuk gelembung udara.
3. Amati preparat dengan mikroskop, mula-mula dengan perbesaran 100x, kemudian dilanjutkan dengan perbesaran yang lebih tinggi.
4. Temukan struktur-struktur seperti hifa, basidium, basidiokarp, basidiospora. Catatlah ciri-ciri yang lain dan buatlah gambar berdasarkan hasil pengamatanmu dan lengkapilah dengan keterangannya.

D. Pertanyaan untuk Diskusi

1. Bagaimana ciri-ciri makroskopis dan mikroskopis jamur-jamur kelompok Basidiomycota?
2. Bagaimanakah keadaan hifa dan sporanya? Di manakah spora-spora itu dibentuk?
3. Apakah yang menjadi ciri khas jamur Basidiomycota yang membedakan dengan jamur kelompok lain?
4. Sebutkan jenis Basidiomycota yang bernilai ekonomis.

Tugas 5.4

1. Tuliskan daur hidup jamur Basidiomycota.
2. Keadaan lingkungan di Indonesia sangat menunjang untuk melakukan budidaya jamur. Buatlah tulisan ilmiah yang mengungkap potensi budidaya jamur di Indonesia, jangan lupa bahwa kamu harus memandang budidaya ini dari berbagai segi, tidak hanya dari sudut pandang biologi saja. Kumpulkan tulisanmu sebagai portofolio.



Gambar 5.13 Penyakit layu pada tanaman jagung yang disebabkan oleh jamur *Helminthosporium maydis*, salah satu jenis Deuteromycota.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005

6. Deuteromycota (Fungi Imperfecti)

Deuteromycota meliputi jamur yang tingkat reproduksi seksualnya belum diketahui, sehingga disebut jamur tidak sempurna. Dikenal sekitar 15.000 jamur yang semuanya tidak melakukan reproduksi seksual. Kebanyakan Deuteromycota bersel banyak yang membentuk hifa tak bersekat, namun beberapa jenis merupakan organisme bersel tunggal yang membentuk pseudomiselium (miselium semu) pada kondisi lingkungan yang menguntungkan. Pada jenis-jenis tertentu ditemukan hifanya bersekat dengan sel yang berinti satu, namun kebanyakan berinti banyak. Deuteromycota berkembang biak dengan membentuk spora aseksual melalui fragmentasi dan konidium yang bersel satu atau bersel banyak.

Deuteromycota bukan merupakan kelompok jamur yang sesungguhnya karena bila suatu jamur telah diketahui reproduksi seksualnya, akan dimasukkan ke dalam kelompok lain yang sesuai dengan tingkat reproduksi seksualnya tersebut. Contohnya *Monila sitophila* dulu dimasukkan ke dalam Deuteromycota, namun setelah diketahui membentuk askokarp dan peritesium dimasukkan ke dalam kelompok Ascomycota.

Kebanyakan Deuteromycota parasit pada tumbuhan, hewan, dan manusia. Berikut ini beberapa contoh Deuteromycota.

- Alternaria* parasit pada tanaman kentang,
- Fusarium* parasit pada tanaman tomat dan kapas.
- Helminthosporium* parasit pada tanaman padi dan jagung.
- Diplodia* parasit pada tanaman jagung
- Verticillium* banyak menyerang bibit tanaman.
- Epidermophyton*, *Microsporium*, dan *Trichophyton* menyebabkan penyakit dermatofitosis (penyakit pada kulit, rambut, dan kuku) pada hewan dan manusia.

D Lumut Kerak

Lumut kerak atau *lichens* merupakan simbiosis antara jamur dan ganggang. Jamur yang bersimbiosis disebut *mikobion*, biasanya dari jenis Ascomycota, sedangkan ganggang yang bersimbiosis disebut *fikobion* biasanya dari jenis Cyanobacteria dan Chlorophyta.

Saat ini dikenal sekitar 18.000 jenis lumut kerak yang tersebar luas di berbagai habitat seperti kulit pohon, kayu yang membusuk, bebatuan, dan di atas tanah yang mempunyai ketahanan terhadap keadaan panas, dingin, dan kekeringan. Berdasarkan bentuknya lumut kerak dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu krustos (seperti kerak), folios (seperti daun), dan fruktikos (seperti semak). Ukuran lumut kerak beraneka ragam dari bentuk yang sangat kecil hingga yang panjangnya mencapai beberapa meter.

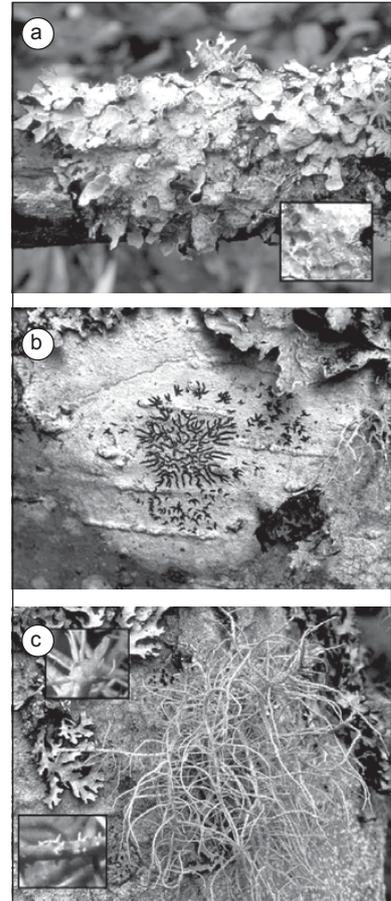
Talus lumut kerak sebagian besar terdiri dari hifa jamur yang berjalin rapat, menyerupai spons yang dapat menyerap air. Terdapat rizoid yang berfungsi sebagai pelekak pada permukaan substrat dan menyerap air dan garam-garam mineral. Ganggang memperoleh air dan garam-garam mineral dari jamur yang digunakan untuk fotosintesis yang sebagian hasilnya diberikan kepada jamur.

Jamur mikobion berkembang biak dengan askospora yang terbentuk pada apotesium. Spora yang dihasilkan akan tumbuh membentuk hifa. Jika hifa ini menemukan ganggang yang sesuai maka akan tumbuh membentuk talus yang baru. Perkembangbiakan lumut kerak yang lebih sering dijumpai adalah perkembangbiakan secara vegetatif dengan fragmentasi atau dengan *soredium*. Soredium terdiri dari satu atau beberapa ganggang yang terbungkus oleh hifa jamur. Talus yang patah maupun soredium dapat terbawa angin atau air ke tempat lain dan tumbuh membentuk lumut kerak yang baru.

Lumut kerak berperan penting dalam suksesi karena kemampuannya tumbuh pada tempat yang tidak memungkinkan bagi tumbuhan untuk hidup. Lumut kerak dapat hidup pada bebatuan yang secara perlahan menghancurkannya sehingga membentuk lapisan-lapisan tanah, Lumut kerak *Cladonia* yang menutupi wilayah yang luas di daerah kutub utara menjadi makanan bagi ternak dan hewan liar yang hidup di sana. Selain itu lumut kerak banyak digunakan sebagai bahan obat, digunakan dalam industri kimia, parfum, dalam proses pewarnaan dan penyamakan serta digunakan sebagai indikator tingkat polusi di sekitar daerah yang ditempatinya.

Contoh lumut kerak adalah sebagai berikut.

- 1) *Parmelia*, hidup pada kulit kayu, tanah, tembok, dan batu.
- 2) *Graphis*, hidup pada cabang atau batang pohon
- 3) *Usnea*, lumut janggut, pada batang-batang pohon di pegunungan dan dapat digunakan untuk jamu.



Gambar 5.14 Beberapa jenis lumut kerak: (a) *Parmelia*, (b) *Graphis scripta*, dan (c) *Usnea subfloridana*.

Sumber: www.wikipedia.com

Tugas 5.5

Kumpulkan berbagai jenis lumut kerak yang dapat kamu temukan di lingkungan sekitarmu, kemudian lakukan pengamatan makroskopis dan mikroskopis serta deskripsikan ciri-cirinya. Jenis apakah yang kamu temukan? Apa peranan lumut kerak itu pada habitatnya?

Rangkuman

- Fungi merupakan organisme eukariot, kebanyakan multiseluler, beberapa jenis uniseluler, tidak berklorofil, dinding selnya mengandung kitin dan glukukan. Jamur bersifat heterotrof yaitu sebagai saprofit, parasit, dan hidup bersimbiosis dengan organisme lain.
- Jamur multiseluler talusnya berupa benang-benang hifa yang membentuk miselium. Hifa ada yang bersekat dan ada yang tidak bersekat dengan satu atau banyak inti. Terdapat hifa makanan dan hifa reproduktif.
- Jamur bereproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dengan pembelahan sel, fragmentasi, membentuk kuncup, dan membentuk spora aseksual. Reproduksi seksual dengan konjugasi hifa (+) dan hifa (-) membentuk zigot yang kemudian menghasilkan spora seksual.
- Berdasarkan struktur alat reproduksi seksualnya, kingdom Fungi diklasifikasikan menjadi 6 filum yaitu Chytridiomycota, Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota, Basidiomycota, dan Deuteromycota. Deuteromycota merupakan kelompok jamur yang belum diketahui tingkat reproduksi seksualnya.
- Mikoriza adalah simbiosis jamur dengan akar tanaman tingkat tinggi. Terdapat dua jenis mikoriza yaitu endomikoriza dan ektomikoriza. Simbiosis itu bersifat saling menguntungkan karena jamur memperoleh makanan sedangkan tumbuhan dibantu penyerapan air dan unsur hara.
- Lumut kerak merupakan simbiosis ganggang dengan jamur. Jamur disebut mikobion yaitu dari golongan Ascomycota dan Basidiomycota, sedangkan ganggang disebut fikobion yaitu dari golongan Cyanobacteria atau Chlorophyta. Simbiosis pada lumut kerak bersifat saling menguntungkan.
- Manfaat jamur adalah sebagai pengurai atau decomposer, sumber makanan, membantu pengolahan makanan, memproduksi bahan organik, dan menghasilkan antibiotik. Kerugian akibat jamur adalah menyebabkan penyakit pada tumbuhan, hewan, dan manusia; menghasilkan racun; dan merusak berbagai peralatan, pakaian, dan bahan pangan.

Latihan 5

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Cabang hifa yang menghasilkan sporangium pada jamur disebut
 - a. zoospora
 - b. sporangiofor
 - c. sporangiofor
 - d. miselium
 - e. zigospora
2. Di bawah ini yang merupakan ciri-ciri jamur adalah
 - a. berupa talus - eukariotik - heterotrof
 - b. berupa talus - prokariotik - heterotrof
 - c. berupa talus - eukariotik - autotrof
 - d. berupa talus - prokariotik - autotrof
 - e. berupa talus - eukariotik dan prokariotik - heterotrof dan autotrof

3. Jamur primitif yang merupakan peralihan dari Protista ke Fungi adalah
 - a. Oomycota
 - b. Zygomycota
 - c. Chytridiomycota
 - d. Myxomycota
 - e. Deuteromycotina
4. Jamur memperoleh makanan dengan cara
 - a. autotrof
 - b. kemosintesis
 - c. heterotrof
 - d. fotosintesis
 - e. fototaksis
5. Dinding sel jamur tersusun atas
 - a. selulosa
 - b. kitin
 - c. protein
 - d. lipid
 - e. lignin
6. Adonan roti diberi ragi agar dapat mengembang karena ragi menghasilkan
 - a. alkohol
 - b. gas oksigen
 - c. gas karbon dioksida
 - d. glukosa
 - e. asam asetat
7. Berikut ini jamur Basidiomycota yang beracun adalah
 - a. *Agaricus campestris*
 - b. *Amanita muscaria*
 - c. *Pleurotus sajor-caju*
 - d. *Polyporus versicolor*
 - e. *Auricularia polytricha*
8. Ciri khas jamur dalam kelompok Deuteromycota adalah
 - a. multiseluler
 - b. reproduksi seksual dengan konjugasi
 - c. bersifat saprofit dan parasit
 - d. spora uninukleat berdinding tebal
 - e. alat reproduksi seksualnya belum jelas
9. Pada jamur *Rhizopus oryzae*, zigospora hasil konjugasi hifa (+) dan (-) tumbuh menjadi
 - a. miselium dengan sporangium
 - b. hifa yang bercabang-cabang
 - c. sporangium
 - d. spora yang akan tumbuh menjadi hifa
 - e. zoospora
10. Lumut kerak dapat digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran udara karena
 - a. tumbuh lebat di daerah yang tercemar
 - b. tahan terhadap pengaruh pencemaran
 - c. adaptif di berbagai lingkungan
 - d. peka dengan adanya zat pencemar
 - e. tidak dipengaruhi oleh adanya pencemaran

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jamur menunjukkan kemiripan dengan tumbuhan, misalnya bentuk selnya tetap karena mempunyai dinding sel. Mengapa jamur tidak dimasukkan ke dalam kingdom Plantae?
2. Jelaskan proses pembentukan askospora.
3. Jelaskan struktur dan daur hidup *Rhizopus oryzae*.
4. Sebutkan contoh spesies dari kelas Basidiomycota yang menimbulkan penyakit pada tanaman.
5. Jelaskan bentuk hubungan simbiosis pada mikoriza.

Wacana

Awas Jamur Beracun

Jamur telah dimanfaatkan oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu. Bahkan bangsa Mesir kuno telah mengenal fermentasi untuk membuat berbagai jenis minuman. Kamu tentu tahu bahwa proses ini memanfaatkan jamur mikroskopis yaitu ragi atau yeast. Proses pembuatan makanan juga banyak memanfaatkan jasa jamur, misalnya pembuatan

tempe, keju, roti, dan yoghurt. Selain itu banyak juga jenis jamur yang dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai sumber makanan, misalnya jamur merang, jamur kuping, jamur tiram, dan sebagainya. Tetapi kamu harus berhati-hati ketika akan memakan jamur, karena banyak juga jenis jamur yang beracun, misalnya *Amanita phalloides*. Jika kamu menemukan suatu jenis jamur dan belum yakin bahwa jenis itu aman untuk dimakan, sebaiknya kamu menghindarinya. Banyak kasus keracunan jamur akibat memakan jamur yang disangka aman dimakan, ternyata jamur yang beracun.

Diskusikan dengan temanmu, mengapa ada jamur yang aman dimakan dan ada jamur yang beracun. Adakah metode untuk memastikan bahwa suatu jenis jamur aman dimakan?

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Cabang biologi yang erat hubungannya dengan penggolongan makhluk hidup disebut
 - a. zoologi
 - b. botani
 - c. entomologi
 - d. taksonomi
 - e. ekologi
2. Organisasi kehidupan dari tingkat tinggi ke tingkat rendah adalah
 - a. komunitas – organisme – populasi – ekosistem
 - b. organisme – populasi – komunitas – ekosistem
 - c. organisme – komunitas – ekosistem – populasi
 - d. ekosistem – komunitas – populasi – organisme
 - e. populasi – ekosistem – komunitas – organisme
3. Kumpulan dari beberapa sel yang bekerja sama dan terdapat pada organisme tingkat individu disebut
 - a. sel
 - b. jaringan
 - c. organ
 - d. sistem organ
 - e. protoplasma
4. Keanekaragaman yang ditunjukkan adanya berbagai jenis yang terdapat di suatu ekosistem menunjukkan keanekaragaman tingkat
 - a. sel
 - b. jenis
 - c. bioma
 - d. gen
 - e. ekosistem
5. Aristoteles membagi tumbuhan menjadi tiga kelompok, yaitu
 - a. semak, belukar, dan pohon
 - b. semak, perdu, dan pohon
 - c. semak, herba, dan pohon
 - d. herba, perdu, dan pohon
 - e. herba, rumput, dan pohon
6. Sistem klasifikasi yang membagi makhluk hidup menjadi takson-takson dan berlaku baik untuk hewan dan tumbuhan diusulkan oleh
 - a. Aristoteles
 - b. John Ray
 - c. Carl Woese
 - d. Ernst Haeckel
 - e. Carolus Linnaeus
7. Flu burung merupakan penyakit menular yang menyerang hewan
 - a. unggas dan sapi
 - b. sapi dan kerbau
 - c. kerbau dan ayam
 - d. ayam dan burung puyuh
 - e. babi dan kucing
8. Komponen penyusun tubuh virus terdiri atas
 - a. ADN dan ARN
 - b. ADN dan ARN
 - c. ADN
 - d. ARN
 - e. bukan ADN atau ARN
9. Urutan tahap reproduksi virus yang benar adalah
 - a. penempelan - perakitan - replikasi - penetrasi - pembebasan
 - b. penempelan - penetrasi - replikasi - perakitan - pembebasan
 - c. penempelan - replikasi - penetrasi - perakitan - pembebasan
 - d. penempelan - pembebasan - replikasi - penetrasi - perakitan
 - e. penempelan - perakitan - replikasi - pembebasan - penetrasi
10. Berikut ini yang merupakan contoh virus yang menimbulkan penyakit pada manusia adalah
 - a. herpes simpleks, corona, ebola
 - b. ebola, demam kuning, trakoma
 - c. gumboro, lyzza, polio
 - d. lyzza, campak, virus *new castle disease*
 - e. trachom, corona, gumboro

11. Virus yang menyebabkan penyakit jengger ayam pada manusia disebabkan oleh
 - a. virus lyzza
 - b. virus herpes simpleks
 - c. virus corona
 - d. virus papiloma
 - e. virus leucosis
12. *Citrus Vein Phloem Degeneration* (CVPD) merupakan virus yang menghancurkan jaringan pembuluh floem pada tanaman
 - a. tomat
 - b. padi
 - c. jagung
 - d. tembakau
 - e. jeruk
13. Apabila lingkungan tidak menguntungkan bakteri-bakteri dapat membuat pembungkus untuk mempertahankan diri dari kematian yang disebut
 - a. selaput plasma
 - b. zoospora
 - c. zigospora
 - d. endospora
 - e. ektospora
14. Bila bakteri hidup berkelompok dan menyerupai segerombolan buah anggur disebut
 - a. streptokokus
 - b. diplokokus
 - c. tetrakokus
 - d. mikrokokus
 - e. stafilokokus
15. Bakteri yang memiliki bentuk menyerupai batang disebut
 - a. kokus
 - b. basilus
 - c. spirillum
 - d. sarsina
 - e. vibrio
16. Bakteri yang memiliki flagela pada seluruh permukaan sel disebut
 - a. monotrik
 - b. lopotrik
 - c. amfitrik
 - d. peritrik
 - e. atrik
17. Bakteri yang mampu menguraikan senyawa anorganik menjadi organik disebut
 - a. fotoautotrof
 - b. kemoautotrof
 - c. denitrifikasi
 - d. amonifikasi
 - e. nitrifikasi
18. Bakteri yang hidupnya dari senyawa organik yang berasal dari sisa-sisa kotoran dan sampah organisme yang telah mati disebut
 - a. parasit
 - b. saprofit
 - c. komensalisme
 - d. autotrof
 - e. kemoautotrof
19. Contoh Rhizopoda yang mempunyai banyak pseudopodia yang halus menjari adalah
 - a. *Radiolaria*
 - b. *Diflugia*
 - c. *Foraminifera*
 - d. *Heliozoa*
 - e. *Arcella*
20. Organela pada Ciliata yang bertanggung jawab mengatur reproduksi adalah
 - a. vakuola kontraktil
 - b. vakuola makanan
 - c. sitostoma
 - d. makronukleus
 - e. mikronukleus
21. Protista kedudukannya lebih tinggi dari Monera karena bersifat
 - a. kariotik
 - b. prokariotik
 - c. parasitik
 - d. saprofit
 - e. mutualistik
22. Flagellata yang dapat menyebabkan laut bercahaya pada malam hari adalah
 - a. *Euglena viridis*
 - b. *Noctiluca miliaris*
 - c. *Leishmania donovani*
 - d. *Trypanosoma gambiense*
 - e. *Leishmania tropica*

23. Masa sporulasi *Plasmodium vivax* adalah
- 1 x 24 jam
 - 2 x 24 jam
 - 3 x 24 jam
 - 4 x 24 jam
 - 5 x 24 jam
24. Dalam siklus hidup *Plasmodium*, merozoit masuk ke dalam sel darah merah berbentuk cincin disebut
- sporozoit
 - tropozoit
 - sizogeni
 - sporulasi
 - sporogoni
25. Benang hifa yang mengandung sitoplasma dengan banyak inti tanpa dibatasi oleh sekat-sekat dinamakan
- miselium
 - soenositik
 - septa
 - kitin
 - zoospora
26. Alat yang digunakan untuk mengabsorpsi makanan dan sebagai alat perekat pada substrat disebut
- stolon
 - sporangiospora
 - zigospora
 - rizoid
 - sporangium
27. Hifa yang tumbuh menjalar secara horizontal di atas permukaan tanah disebut
- sporangiofora
 - rizoid
 - zigospora
 - stolon
 - sporangium
28. Reproduksi secara seksual pada *Rhizopus stolonifer* diawali dengan pertemuan hifa (+) dan hifa (-) akan membentuk
- sporangiospora
 - rizoid
 - zigospora
 - stolon
 - sporangium
29. Jamur yang hidup di dalam bagian sel-sel korteks dari akar, misalnya pada tanaman anggrek disebut
- endomikoriza
 - ektomikoriza
 - mikoriza
 - rizoid
 - korteks
30. Berikut ini yang merupakan contoh Ascomycotina bersel banyak adalah
- Aspergillus* dan *Sacharomyces*
 - Aspergillus* dan *Rhizopus*
 - Aspergillus* dan *Penicillium*
 - Penicillium* dan *Rhizopus*
 - Penicillium* dan *Sacharomyces*
31. Spora yang terjadi karena protoplasma dalam suatu sel tertentu berkelompok-kelompok kecil masing-masing mempunyai membran dan inti sendiri disebut
- konidiospora
 - klamidospora
 - sporangiospora
 - artrospora
 - konidiofor
32. Yang sering disebut organisme perintis/pionir adalah
- Lichenes*
 - Mikorhyza*
 - Chyanophyta*
 - Ascomycotina*
 - Zygomycotina*
33. Endomikoriza yang bersimbiosis dengan *Rhizobium* sangat menguntungkan dalam pertanian, karena mempercepat fiksasi
- oksigen
 - nitrogen
 - karbon
 - hidrogen
 - helium
34. Di bawah ini yang merupakan ciri-ciri jamur adalah
- berupa talus - eukariotik - heterotrof
 - berupa talus - prokariotik - heterotrof
 - berupa talus - eukariotik - autotrof
 - berupa talus - prokariotik - autotrof
 - berupa talus - eukariotik dan prokariotik - heterotrof dan autotrof
35. *Pithophthora infestans* mengabsorpsi zat makanan dalam sel mesofil daun dengan menggunakan
- rhizoid
 - haustoria
 - sporangiosfor
 - prosorus
 - septum

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan berbagai tingkatan organisasi kehidupan.
2. Jelaskan komponen penyusun struktur tubuh virus.
3. Sebutkan pengelompokan bakteri berdasarkan suhu lingkungan yang dikehendaki beserta contohnya.
4. Jelaskan peranan Archaeobacteria dalam proses pengolahan limbah industri. Bagaimanakah urutan proses dalam unit pengolahan limbah suatu industri?
5. Sebutkan jenis penyakit yang ditimbulkan oleh Protista berikut ini.
 - a. *Entamoeba histolytica*
 - b. *Entamoeba gingivalis*
6. Jelaskan peranan jamur lendir dalam suatu ekosistem.
7. Jelaskan secara singkat proses reproduksi seksual dengan cara konjungsi pada *Paramecium caudatum*.
8. Sebutkan gejala-gejala penyakit malaria yang disebabkan oleh *Plasmodium*.
9. Sebutkan lima cara reproduksi jamur secara seksual.
10. Sebutkan contoh jamur penghasil zat antibiotik beserta antibiotik yang dihasilkannya.

Semester

II



semester
genap

BAB

VI

Keanekaragaman Hayati

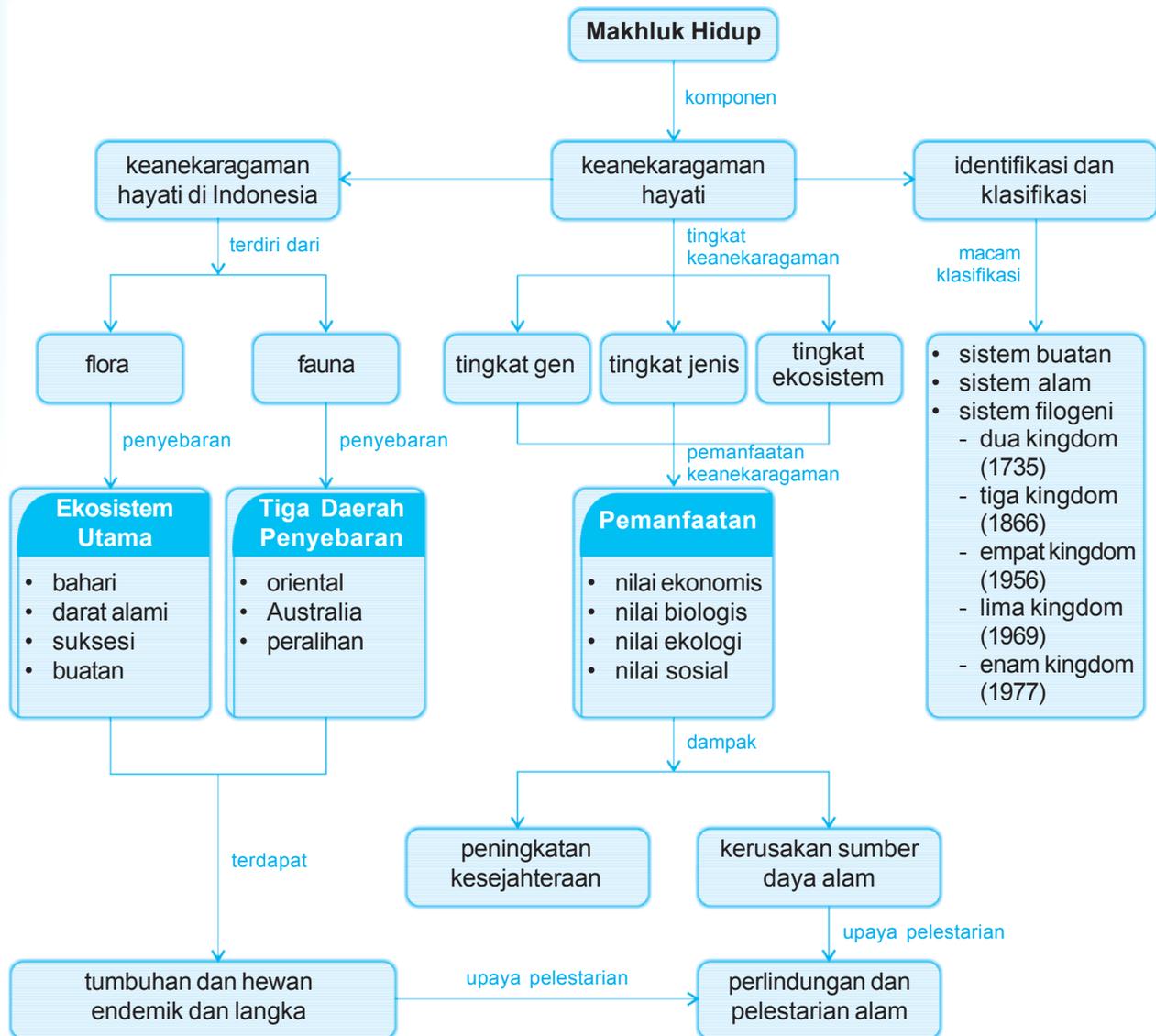
Pada bab ini kamu akan mempelajari berbagai tingkat keanekaragaman hayati. Setelah mempelajari bab ini kamu diharapkan dapat mendeskripsikan keanekaragaman hayati di Indonesia dan upaya pelestariannya.

Kata kunci:
flora, fauna, gen, jenis, ekosistem, sumber daya alam, klasifikasi, perlindungan, pelestarian



Peta Konsep

peta konsep



Pernahkah kamu mendengar atau melihat burung jalak bali? Burung jalak bali adalah salah satu jenis hewan langka di Indonesia dan sudah tidak ditemukan di habitat alaminya. Hewan ini merupakan salah satu keaneekaragaman hayati yang selalu diupayakan kelestariannya. Apakah yang dimaksud keaneekaragaman hayati? Mengapa ada jenis-jenis yang menjadi langka? Bagaimana upaya pelestarian sumber daya alam hayati?

Keanekaragaman hayati merupakan keanekaragaman makhluk hidup pada semua tingkatan organisasi kehidupan. Perhatikan lingkungan di sekitarmu, kamu akan menemukan beraneka ragam makhluk hidup ciptaan Tuhan. Di tempat yang berbeda, kamu akan menemukan keanekaragaman makhluk hidup yang berbeda. Bahkan di antara makhluk hidup yang sejenis terdapat keanekaragaman. Keanekaragaman hayati yang ada di bumi memang sangat menakjubkan. Sekitar dua juta jenis makhluk hidup yang hidup saat ini baik monera, hewan, maupun tumbuhan telah diberi nama dan dideskripsikan dengan baik. Namun diperkirakan masih ada sekitar 10 juta hingga 30 juta jenis makhluk hidup yang belum dikenal dan dideskripsikan. Belum lagi jenis-jenis makhluk hidup yang dulu pernah menghuni bumi namun sekarang telah punah. Selain jenisnya yang begitu banyak, makhluk hidup itu juga beragam dalam ukuran, bentuk, dan cara hidupnya.

Meskipun makhluk hidup sangat beraneka ragam, kamu dapat menemukan persamaan ciri di antara mereka (keseragaman). Coba kamu amati halaman rumah atau sekolahmu. Di sana terdapat bermacam-macam tumbuhan dan hewan. Perhatikan tumbuhan yang ada, meskipun jenisnya bermacam-macam, kamu akan menemukan tumbuhan yang sama-sama berupa pohon, perdu, atau semak; sama-sama sebagai tanaman hias, tanaman peneduh, atau tanaman pelindung. Dari bermacam-macam hewan yang ada, kamu akan menemukan hewan yang sama-sama berkaki dua, empat, atau berkaki banyak; sama-sama memakan rumput, buah, serangga, atau hewan lain. Kamu boleh juga mengelompokkan hewan dan tumbuhan itu berdasarkan kriteria yang lain. Dari hasil pengamatan itu, kamu tentu dapat membedakan konsep keseragaman dan keberagaman makhluk hidup.

Apa perlunya mempelajari keseragaman dan keberagaman makhluk hidup? Karena jenis makhluk hidup sangat banyak, kamu akan lebih mudah mempelajarinya jika mereka dibagi dalam kelompok-kelompok. Pengelompokan ini disebut *klasifikasi*, yang didasarkan adanya persamaan dan perbedaan ciri di antara berbagai makhluk hidup.

A

Tingkat Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati meliputi keanekaragaman makhluk hidup pada semua tingkatan organisasi kehidupan. Jadi keanekaragaman hayati tidak hanya terjadi antarjenis, tetapi dalam satu jenis pun terdapat keanekaragaman atau bervariasi. Variasi ini diakibatkan oleh keanekaragaman gen. Selain itu keanekaragaman lingkungan menyebabkan jenis makhluk hidup yang ditemukan di suatu ekosistem berbeda dengan jenis makhluk hidup di ekosistem yang lain. Hal ini menyebabkan terjadinya keanekaragaman ekosistem.



Gambar 6.1 Pada suatu ekosistem banyak makhluk hidup yang beranekaragam.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 6.2 Keanekaragaman gen pada jagung menyebabkan terbentuknya berbagai macam bentuk tongkol jagung.

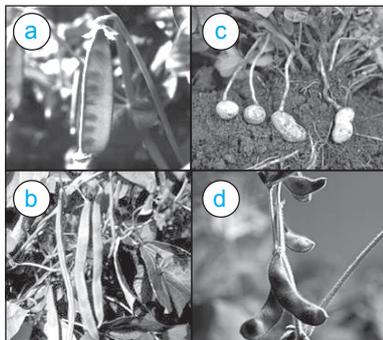
Sumber: www.wikipedia.com

1. Keanekaragaman Hayati Tingkat Gen

Keanekaragaman hayati tingkat gen adalah keanekaragaman gen dalam satu spesies. Gen merupakan pembawa sifat suatu makhluk hidup, misalnya gen pada manusia menentukan bentuk rambut, hidung, mata, kulit, postur tubuh, dan sebagainya. Perubahan gen menyebabkan perubahan sifat sehingga perbedaan gen menyebabkan terjadinya variasi dalam satu spesies. Gen terletak pada ADN yang berada pada tempat-tempat tertentu di dalam kromosom dan kromosom terletak di dalam sel. Makhluk hidup dalam satu spesies mempunyai jumlah kromosom yang sama. Meskipun perangkat dasarnya sama, tetapi susunan gen dapat berbeda-beda bergantung pada masing-masing induknya. Susunan perangkat gen inilah yang menentukan ciri atau sifat suatu individu dalam satu spesies. Selain faktor genetik (disebut genotipe), ciri atau sifat yang muncul pada suatu makhluk hidup (disebut fenotipe) juga ditentukan oleh lingkungan. Jika salah satu atau keduanya berubah, maka akan menimbulkan perubahan sifat.

Contoh keanekaragaman hayati tingkat gen adalah keanekaragaman warna pada bunga tanaman mawar. Tanaman ini memiliki bunga yang berwarna-warni, dapat berwarna merah, putih, atau kuning. Pada tanaman jeruk, kamu dapat menemukan variasi pada bentuk buah, rasa, dan warnanya. Demikian juga pada ayam, kamu dapat membedakan bentuk dan ukuran tubuh, warna bulu, dan bentuk pial (jengger) antara ayam kampung, ayam cemani, ayam hutan, ayam leghorn, ayam bangkok, dan ayam kate.

Mengapa terjadi variasi genetik dalam satu spesies, padahal jumlah kromosomnya sama? Variasi gen dapat terjadi karena adanya perkawinan dan mutasi. Keturunan dari hasil perkawinan memiliki susunan perangkat gen yang merupakan kombinasi dari perangkat gen kedua induk/orang tuanya. Kombinasi ini akan menyebabkan keanekaragaman individu dalam satu spesies berupa varietas-varietas (varitas). Sedangkan mutasi adalah perubahan susunan materi genetik. Karena susunan materi genetik berubah maka terjadi perubahan ciri atau sifat yang menimbulkan keanekaragaman fenotipe.



Gambar 6.3 Keanekaragaman jenis pada kacang-kacangan (a) ercis, (b) kara, (c) kacang tanah, dan (d) kedelai.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

2. Keanekaragaman Hayati Tingkat Jenis

Keanekaragaman hayati tingkat jenis merupakan keanekaragaman jenis dalam suatu ekosistem yang ditunjukkan oleh adanya beraneka ragam jenis makhluk hidup baik dari kelompok hewan, tumbuhan, jamur, dan mikroorganisme. Keanekaragaman jenis merupakan seluruh variasi pada makhluk hidup yang berbeda jenisnya dan dapat diamati dengan mudah. Tentu kamu dapat membedakan jenis kacang-kacangan, seperti kacang tanah, kacang buncis, kacang kapri, dan kacang hijau. Atau membedakan kelompok hewan antara kucing, harimau, singa, dan citah. Untuk mengetahui keanekaragaman hayati tingkat jenis, salah satu caranya adalah dengan mengamati ciri-

ciri fisiknya, misalnya bentuk dan ukuran tubuh, warna, kebiasaan hidup, dan lain-lain. Walaupun kacang-kacangan termasuk dalam satu familia Leguminosae dan hewan-hewan tersebut termasuk dalam satu familia/suku Felidae, tetapi diantara mereka terdapat perbedaan-perbedaan sifat yang mencolok. Misalnya, perbedaan warna bulu, tipe lorengnya, ukuran tubuh, tingkah laku, dan lingkungan hidupnya.

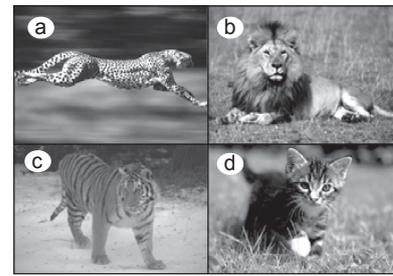
3. Keanekaragaman Hayati Tingkat Ekosistem

Semua makhluk hidup berinteraksi atau berhubungan erat dengan lingkungan tempat hidupnya. Setiap makhluk hidup tumbuh dan berkembang pada lingkungan yang sesuai, sehingga pada lingkungan tertentu dapat dihuni berbagai macam makhluk hidup. Perbedaan komponen abiotik menyebabkan perbedaan makhluk hidup yang menghuninya. Karena ada banyak ekosistem di bumi maka timbul keanekaragaman hayati tingkat ekosistem, misalnya ekosistem padang rumput, hutan hujan tropis, pantai, sungai, dan air laut.

Lingkungan hidup terdiri dari komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen biotik meliputi berbagai jenis makhluk hidup. Komponen abiotik meliputi faktor fisik dan faktor kimia. Faktor fisik misalnya iklim, cahaya, batuan, air, tanah, dan kelembaban. Faktor kimia meliputi salinitas (kadar garam), tingkat keasaman, dan kandungan mineral. Komponen biotik maupun abiotik dalam suatu ekosistem sangat beragam, sehingga ekosistem yang terbentuk akan bervariasi pula. Di dalam ekosistem, terjadi hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan biotik maupun abiotik.

Salah satu penyebab keanekaragaman hayati tingkat ekosistem adalah perbedaan letak geografis. Perbedaan letak geografis menyebabkan perbedaan iklim. Perbedaan iklim menyebabkan terjadinya perbedaan temperatur, curah hujan, intensitas cahaya matahari, dan lamanya penyinaran. Keadaan ini akan berpengaruh terhadap jenis-jenis flora (tumbuhan) dan fauna (hewan) yang menempati suatu daerah. Di daerah dingin terdapat bioma tundra yang ditumbuhi sejenis lumut. Hewan yang dapat hidup antara lain rusa kutub dan beruang kutub. Di daerah beriklim sedang terdapat bioma taiga yang ditumbuhi berbagai jenis tumbuhan konifer dan ditempati hewan seperti anjing hutan dan rusa kutub. Pada iklim tropis terdapat hutan hujan tropis yang memiliki flora dan fauna yang sangat beraneka ragam.

Keanekaragaman hayati berkembang dari keanekaragaman tingkat gen, jenis dan ekosistem. Keanekaragaman hayati harus dilestarikan karena di dalamnya terdapat berbagai jenis hewan/tumbuhan asli dan khas yang bermanfaat untuk mengembangkan varietas-varietas unggul. Kelestarian keanekaragaman hayati pada suatu ekosistem akan terganggu bila ada komponen yang mengalami gangguan sehingga timbul perubahan tatanan ekosistem.



Gambar 6.4 Keanekaragaman jenis pada hewan (a) citah, (b) singa, (c) harimau dan (d) kucing.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 6.5 Bioma tundra didominasi oleh tumbuhan lumut.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Gangguan terhadap ekosistem dapat mengubah wujud ekosistem baik secara perlahan-lahan maupun secara cepat. Contoh gangguan ekosistem antara lain penebangan hutan secara liar dan perburuan hewan secara ilegal. Bencana alam seperti tanah longsor, tsunami, dan letusan gunung berapi juga dapat memusnahkan ekosistem dan keanekaragaman hayati di dalamnya.

Untuk memahami berbagai tingkat keanekaragaman hayati, lakukan **Kegiatan 6.1**.



Kegiatan 6.1

Keanekaragaman Hayati

I. Mengamati Keanekaragaman Tingkat Gen

A. Tujuan

Mengamati variasi morfologi buah pisang sebagai akibat keanekaragaman gen.

B. Alat dan Bahan

Berbagai macam buah pisang yang ada di sekitarmu.

C. Cara Kerja

1. Amatilah ciri-ciri pada masing-masing buah pisang, misalnya warna kulit, bentuk, ukuran, dan warna daging buah.
2. Tuliskan hasil pengamatanmu ke tabel seperti contoh berikut ini.

D. Tabel Hasil Pengamatan

No.	Ciri-Ciri	Jenis Pisang			
		Raja	Kepok	Kavendis	Lainnya

E. Pertanyaan

1. Bagaimanakah variasi jenis yang terdapat pada buah pisang itu? Jelaskan apakah yang menyebabkannya.
2. Jelaskan pengertian dari gen.
3. Apa kesimpulan hasil kegiatan tersebut?

II. Mengamati Keanekaragaman Tingkat Jenis

A. Tujuan

Mengamati perbedaan ciri-ciri biji kacang-kacangan sebagai keanekaragaman tingkat jenis.

B. Alat dan Bahan

1. Penggaris
2. Timbangan
3. Lima jenis biji kacang hijau, kacang kedelai, kacang tanah, kacang kapri, dan kacang panjang.

C. Cara Kerja

1. Amatilah bentuk dan warna biji kacang-kacangan tersebut satu per satu.
2. Ukurlah panjang setiap biji kacang dengan penggaris dan tentukan berat setiap biji dengan timbangan.
3. Isikan data hasil pengamatan ke dalam tabel seperti contoh di bawah ini.

D. Tabel Pengamatan

No.	Jenis Biji	Bentuk	Warna	Panjang	Berat
1.	kacang hijau	.....	.....	.....	.....
2.	kacang tanah	.....	.....	.....	.....
3.	kacang kedelai	.....	.....	.....	.....
4.	kacang panjang	.....	.....	.....	.....
5.	kacang kapri	.....	.....	.....	.....

E. Pertanyaan

1. Keanekaragaman apakah yang ada pada biji kacang-kacangan tersebut? Jelaskan apa yang menyebabkan keanekaragaman jenis.
2. Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan ini?

III. Mengamati Keanekaragaman Tingkat Ekosistem

A. Tujuan

Mempelajari beberapa jenis ekosistem untuk memahami keanekaragaman hayati tingkat ekosistem.

B. Alat dan Bahan

Gambar ekosistem sawah, hutan, sungai, dan gurun

C. Cara Kerja

1. Pelajari gambar-gambar ekosistem di bawah ini dengan saksama.



2. Carilah informasi yang berkaitan dengan ekosistem di atas.

D. Pertanyaan

1. Tuliskan komponen biotik dan abiotik yang terdapat pada setiap ekosistem di atas.
2. Tuliskan jenis-jenis tumbuhan dan hewan yang menempati ekosistem di atas. Apa yang menyebabkan terjadinya keanekaragaman ekosistem?
3. Ekosistem manakah yang memiliki jumlah dan keanekaragaman makhluk hidup yang paling banyak?

Tugas 6.1

Uraikan hubungan berbagai tingkat keanekaragaman sebagai alur terbentuknya keanekaragaman hayati.

Kamu boleh berbangga karena Indonesia merupakan salah satu dari tiga Negara yang memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi. Negara lain yang memiliki hal serupa adalah Brazil dan Zaire. Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di daerah katulistiwa dengan keadaan geografis yang beraneka ragam, sehingga keanekaragaman hayati di Indonesia memiliki keunikan tersendiri. Sekitar 30% spesies yang hidup di bumi berada di Indonesia. Indonesia memiliki jenis makhluk hidup dari berbagai tipe wilayah yaitu tipe Indomalaya, tipe Oriental, Australia, dan peralihannya. Beberapa di antaranya merupakan hewan dan tumbuhan langka dan endemik yang penyebarannya terbatas. Tingginya keanekaragaman hayati terlihat dari berbagai macam ekosistem yang ada di Indonesia, seperti ekosistem pantai, ekosistem hutan bakau, ekosistem padang rumput, ekosistem hutan hujan tropis, ekosistem air tawar, ekosistem air laut, dan ekosistem sabana. Masing-masing ekosistem memiliki keanekaragaman hayati tersendiri.

1. Keanekaragaman Tumbuhan



Gambar 6.6 Ciri khas tumbuhan dari familia Dipterocarpaceae.

Sumber: *Indonesia Heritage Tumbuhan*, 2002

Tumbuhan di Indonesia, Malaysia, Brunei, Filipina, dan Papua Nugini membentuk kawasan tumbuhan yang disebut Malesia (flora Malesiana). Terdapat sekitar 248.000 jenis tumbuhan di daerah flora Malesiana yang didominasi oleh pohon dari familia Dipterocarpaceae (pohon dengan biji bersayap) misalnya keruing, meranti, gaharu, dan kayu kapur. Pola penyebaran tumbuhan ditentukan oleh keadaan tanah, iklim, dan ketinggian. Berdasarkan komunitas tumbuhan yang tumbuh, di Indonesia terdapat empat kelompok utama ekosistem yaitu sebagai berikut.

- Ekosistem bahari/pantai, terdiri dari ekosistem laut dalam, pantai pasir dangkal, pantai berbatu, terumbu karang, pantai lumpur, hutan bakau, dan hutan air payau.
- Ekosistem darat alami, meliputi vegetasi dataran rendah, vegetasi pegunungan, dan vegetasi monsun (hutan monsun, savanna, dan padang rumput).
- Ekosistem suksesi, yaitu ekosistem suksesi primer dan ekosistem suksesi sekunder.
- Ekosistem buatan, misalnya danau, hutan taman, hutan kota, dan agroekosistem seperti sawah, kolam, tambak, pekarangan, dan perkebunan.

Indonesia sangat kaya akan jenis-jenis tumbuhan. Semua suku utama tumbuhan yang hidup di Bumi dapat ditemukan di Indonesia. Indonesia memiliki sekitar 38.000 jenis tumbuhan, 3.000 jenis lumut, 4.000 jenis paku, dan 20.000 jenis tumbuhan biji (8% dari dunia) yang telah diselidiki. Dari sekian ribu jenis tumbuhan yang ada, diperkirakan hanya 10% yang telah dimanfaatkan masyarakat sebagai bahan pangan, tanaman hias, obat-obatan, bahan bangunan, bahan industri, dan sebagainya.

Ironisnya banyak jenis tanaman yang dibudidayakan di Indonesia didatangkan dari luar negeri, bukan hasil pemuliaan sumber daya hayati asli, misalnya kentang, singkong, wortel, kopi, karet, dan kelapa sawit. Hal ini bukan berarti keanekaragaman hayati di Indonesia tidak dapat dimanfaatkan, namun karena upaya pengembangannya belum optimal. Banyak sekali jenis tumbuhan yang belum diteliti yang diyakini berpotensi sebagai sumber obat, gizi, dan plasma nutfah. Tugasmu sebagai generasi muda adalah berupaya keras untuk mengembangkan penelitian itu demi kesejahteraan bangsa dan negara. Oleh karena itu kamu harus memperjuangkan agar setiap jenis tumbuhan dapat dilestarikan, meskipun saat ini belum diketahui manfaatnya.

Indonesia memiliki 10% hutan tropis dunia yang masih tersisa. Hutan di Indonesia termasuk bioma hutan hujan tropis yang dicirikan oleh kanopi yang rapat dan banyak tumbuhan liana (tumbuhan memanjat). Hutan hujan primer dataran rendah di Kalimantan memiliki kekayaan jenis tumbuhan yang paling tinggi. Di daerah ini terdapat sekitar 10.000 tumbuhan biji, 34% diantaranya adalah tumbuhan endemik. Hutan di Sumatra dan Irian Jaya juga kaya akan jenis-jenis tumbuhan, sedangkan hutan di Jawa, Sulawesi, Maluku, dan Kepulauan Sunda relatif lebih miskin jenis tumbuhan.

Tumbuhan endemik adalah jenis-jenis yang sebarannya terbatas, hanya dapat ditemukan secara alami di daerah tertentu saja. Salah satu jenis tumbuhan endemik di Indonesia yang terkenal adalah berbagai bunga *Rafflesia*, misalnya *Rafflesia arnoldii* (endemik di Sumatra Barat, Bengkulu, dan Aceh), *R. borneensis* (Kalimantan), *R. cilliata* (Kalimantan Timur), *R. horsfieldii* (Jawa), *R. patma* (Nusa Kambangan dan Pangandaran), *R. rochussenii* (Jawa Barat), dan *R. contleyi* (Sumatra bagian timur). Selain tumbuhan endemik, ada banyak jenis tumbuhan di Indonesia dikategorikan langka, bahkan banyak di antaranya yang telah punah. Contoh tumbuhan langka adalah bedali, putat, kepuh, kluwak, bendo, mundu, sawo kecil, winong, bayur, gaharu, dan cendana. Kamu harus ikut menjaga agar tumbuhan langka itu tetap lestari di Indonesia dan tidak menjadi punah.

2. Keanekaragaman Hewan

Indonesia juga terkenal sebagai negara yang kaya akan keanekaragaman hewan dan banyak di antaranya merupakan hewan endemik. Dari hasil survei IBSAP pada tahun 2003 diketahui bahwa di Indonesia terdapat 515 jenis mamalia (36% endemik, peringkat pertama dunia), 35 jenis primate (25% endemik), 511 jenis reptil, 1.531 jenis burung (sebagian jenis endemik), 270 jenis amfibi, dan 212 jenis kupu-kupu (44% endemik). Hewan yang endemik misalnya harimau jawa, jalak bali putih di Bali, badak bercula satu di Ujung Kulon (Jawa Barat), binturong, monyet, tarsius di Sulawesi Utara, kukang dan maleo hanya di Sulawesi, komodo di Pulau Komodo dan sekitarnya.

Bio Info

Bunga dan Satwa Nasional

Sejak tanggal 9 Januari 1993 pemerintah telah menetapkan tiga bunga dan tiga satwa nasional. Tiga bunga nasional dengan gelarnya masing-masing adalah sebagai berikut.

1. Melati sebagai bunga bangsa.
2. Anggrek bulan sebagai bunga pesona.
3. *Rafflesia arnoldii* sebagai bunga langka.

Sedangkan tiga satwa nasional adalah sebagai berikut.

1. Komodo sebagai satwa nasional darat.
2. Ikan solera merah atau arwana sebagai satwa nasional air.
3. Elang jawa sebagai satwa nasional udara.

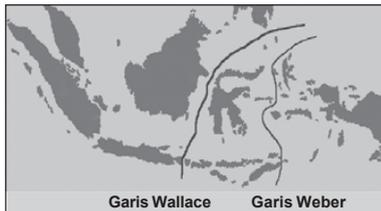


Gambar 6.7 Bunga *Rafflesia arnoldii* merupakan tumbuhan endemik Indonesia.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Jenis hewan langka di Indonesia juga sangat banyak, misalnya babirusa, harimau sumatra, harimau jawa, macan kumbang, harimau tutul, orangutan, badak sumatra, tapir, gajah, bekantan, komodo, banteng, elang jawa, trulek jawa, cendrawasih, kanguru pohon, maleo, kakatua raja, rangkong, kasuari, buaya muara, buaya irian, penyu hijau, dan ular sanca.

Keanekaragaman jenis hewan di Indonesia telah banyak diteliti oleh pihak asing sejak zaman penjajahan. **Alferd Russel Wallace** yang mengadakan penelitian pada tahun 1856 menemukan bahwa jenis hewan di wilayah Indonesia bagian barat berbeda dengan jenis hewan di wilayah Indonesia timur. Oleh karena itu Wallace membuat garis pemisah yang memanjang dari selat lombok, selat Makasar, dan Filipina Selatan yang disebut *garis Wallace*. Hewan di sebelah barat garis Wallace disebut bertipe *oriental* dan hewan di bagian timur bertipe *australia*. Hal ini berkaitan dengan sejarah pembentukan wilayah Indonesia, yaitu Sumatra, Jawa, Bali, dan Kalimantan dahulu merupakan satu daratan dengan Benua Asia yang disebut dangkalan Sunda, sedangkan Maluku dan Papua dahulu merupakan satu daratan dengan Benua Australia.



Gambar 6.8 Garis Wallace dan Weber membagi wilayah flora dan fauna Indonesia.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Weber yang mengadakan penelitian keanekaragaman hewan di Indonesia setelah Wallace, menemukan bahwa hewan-hewan di Sulawesi tidak sepenuhnya bertipe australia, karena ada jenis-jenis hewan yang mempunyai sifat seperti hewan oriental. Oleh karena itu Weber menganggap Sulawesi merupakan daerah peralihan antara hewan tipe oriental dan hewan tipe australia. Weber membuat garis pemisah yang memanjang di sebelah timur pulau Sulawesi yang disebut *garis Weber*.

Berdasarkan garis Wallace dan garis Weber, persebaran hewan-hewan di Indonesia meliputi daerah oriental di kawasan barat, daerah australia di kawasan timur, dan daerah peralihan.

- Hewan di daerah oriental, meliputi berbagai hewan asia seperti primata (kera, monyet, bekantan, orangutan, tarsius, dan sebagainya), berbagai mamalia besar (gajah, banteng, orangutan, kera, tapir, badak, harimau, rusa, babi hutan), dan berbagai jenis burung berkicau (jalak, perkutut, kutilang, dan sebagainya).
- Hewan di daerah australia, meliputi berbagai mamalia kecil, marsupalia atau mamalia berkantung (kangguru, oposum, wallabi, dan sebagainya), dan berbagai jenis burung yang warnanya mencolok (cendrawasih, kakatua, dan sebagainya)
- Hewan di daerah peralihan, meliputi berbagai jenis hewan dari tipe asia dan australia, misalnya tarsius, anoa, babi, oposum, babirusa, burung hantu, dan burung maleo.

Tugas 6.2

Carilah informasi jenis-jenis hewan dan tumbuhan endemik dan jenis-jenis langka yang ada di daerahmu beserta pemanfaatannya. Mengapa jenis-jenis itu menjadi langka? Bagaimana upaya untuk mencegah kepunahan?

Semua kekayaan alam baik biotik maupun abiotik yang dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia merupakan sumber daya alam. Tumbuhan, hewan, manusia, dan mikroba merupakan sumber daya alam hayati, sedangkan faktor abiotik lainnya merupakan sumber daya alam nonhayati. Jadi sumber daya alam adalah semua kekayaan bumi, baik biotik maupun abiotik yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan dan kesejahteraan manusia. Pemanfaatan sumber daya alam harus diikuti oleh pemeliharaan dan pelestarian karena sumber daya alam bersifat terbatas.

Keanekaragaman hayati yang dimiliki oleh Indonesia sangat bermanfaat bagi kesejahteraan manusia dan kelangsungan kehidupan. Beberapa manfaat keanekaragaman hayati adalah sebagai berikut.

1. Manfaat Ekonomi

Secara ekonomi keanekaragaman hayati merupakan sumber pendapatan masyarakat dan devisa negara. Misalnya untuk bahan baku industri, mebel dan peralatan rumah tangga, bahan obat, bahan makanan, rempah-rempah, tanaman hias, dan perkebunan. Bahan-bahan tersebut dapat diperdagangkan baik di dalam negeri maupun untuk ekspor sebagai bentuk kegiatan ekonomi.

2. Manfaat Biologis

Keanekaragaman hayati memiliki manfaat biologis sebagai penunjang kelangsungan kehidupan semua makhluk hidup. Tumbuhan menghasilkan gas oksigen pada proses fotosintesis yang digunakan oleh hewan dan manusia untuk bernapas. Tumbuhan merupakan produsen yang menghasilkan bahan organik seperti biji, buah, umbi, dan dedaunan sebagai bahan makanan makhluk hidup lain. Hewan dimanfaatkan sebagai bahan makanan, sandang, dan hiburan oleh manusia. Jasad renik berperan sebagai dekomposer yaitu mengubah bahan organik menjadi bahan anorganik. Nilai biologis yang lain adalah sebagai sumber plasma nutfah untuk keperluan pemuliaan guna memperoleh jenis-jenis unggul.

3. Manfaat Ekologis

Keanekaragaman hayati merupakan komponen ekosistem yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan alam. Setiap komponen ekosistem saling berinteraksi secara harmonis, sehingga gangguan terhadap salah satu komponen dapat menyebabkan perubahan ekosistem. Indonesia mempunyai hutan hujan tropis yang memiliki nilai ekologis yang penting bagi bumi, antara lain sebagai paru-paru bumi, menjaga kestabilan iklim global, dan membantu menurunkan tingkat pencemaran udara, serta mengurangi efek rumah kaca.



Gambar 6.9 Keanekaragaman hayati mempunyai nilai ekonomi karena produknya dapat diperdagangkan.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

4. Manfaat Sosial

Keanekaragaman hayati secara alami merupakan bagian sistem sosial dan budaya masyarakat setempat. Kegiatan mereka tidak dapat terlepas dari keanekaragaman hayati di lingkungannya. Kamu dapat mengamati pola hidup suku-suku di pedalaman, mereka yang lebih mengandalkan potensi alam dibandingkan dengan masyarakat kota. Keanekaragaman hayati juga berpotensi untuk dikembangkan sebagai tempat rekreasi, olah raga, hiburan, dan pendidikan.

Tugas 6.3

Carilah informasi jenis-jenis sumber daya alam hayati yang khas bagi daerahmu, kemudian diskusikan dengan kelompokmu tentang produk yang dihasilkan dan pemanfaatannya.

D

Pelestarian Sumber Daya Alam

Kamu tentu mengetahui begitu banyak manfaat sumber daya alam bagi kehidupan. Namun harus diingat bahwa pemanfaatan atau eksploitasi yang berlebihan dapat mengancam kelestariannya. Kenyataannya peningkatan jumlah penduduk bumi dan kemajuan ilmu dan teknologi mendorong eksploitasi sumber daya alam hayati yang semakin meningkat. Setiap tahun jutaan hektar hutan menghilang karena berubah fungsi untuk berbagai kegiatan manusia.

Tahukah kamu, luas hutan alam asli Indonesia menyusut dengan kecepatan yang sangat tinggi. Hingga saat ini, Indonesia telah kehilangan hutan aslinya lebih dari 75 persen. Penebangan hutan Indonesia yang tidak terkendali selama puluhan tahun dan menyebabkan terjadinya penyusutan hutan tropis secara besar-besaran. Laju kerusakan hutan periode 1985 – 1997 tercatat 1,6 juta hektar per tahun, sedangkan pada periode 1997 – 2000 menjadi 3,8 juta hektar per tahun. Angka ini terus meningkat ketika diberlakukan otonomi daerah, di mana hak pengelolaan hutan diserahkan kepada masing-masing daerah. Ini menjadikan Indonesia menjadi salah satu tempat dengan tingkat kerusakan hutan tertinggi di dunia. Kerusakan hutan telah mengakibatkan sebagian besar kawasan Indonesia menjadi kawasan yang rentan terhadap bencana kekeringan, banjir, maupun tanah longsor. Selain itu, kerusakan hutan juga berarti kehilangan keanekaragaman hewan dan tumbuhan yang selama ini menjadi kebanggaan bangsa Indonesia. Hutan adalah sumber kehidupan bagi sebagian rakyat Indonesia. Hilangnya hutan akan menyebabkan hilangnya sumber makanan dan obat-obatan. Hutan hujan tropis diperkirakan mengandung 50% – 90% keanekaragaman hayati dunia, sehingga pembabatan hutan hujan tropis dapat menyebabkan hilangnya 15% spesies yang hidup di hutan tersebut.



Gambar 6.10 Perusakan lingkungan menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Ancaman kelestarian sumber daya alam bukan hanya karena kerusakan hutan. Kamu harus tahu bahwa reklamasi pantai dan rawa, pengembangan industri yang tidak dilengkapi unit pengolahan limbah, perburuan liar, introduksi bibit tanaman dan hewan unggul, serta pemakaian bahan kimia seperti pupuk dan pestisida dalam intensifikasi pertanian secara berlebihan juga dapat menghancurkan keanekaragaman hayati. Apabila kegiatan tersebut tidak segera diatasi, keseimbangan alam akan rusak dan manusia sendiri yang akan menderita kerugian.

Untuk itu, agar sumber daya alam dan keanekaragaman hayati tidak terancam kelestariannya, maka harus dikembangkan sikap arif dan bijaksana dalam memanfaatkannya, yaitu selalu mempertimbangkan aspek manfaat dan aspek kelestarian dalam setiap eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam. Kerusakan sumber daya alam merupakan tanggung jawab bersama seluruh bangsa dan negara.

Dalam mengeksploitasi sumber daya tumbuhan, khususnya hutan, perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut.

1. Tidak menerapkan sistem tebang habis terhadap semua pohon di hutan dengan semena-mena, melainkan secara terencana dengan sistem tebang pilih (penebangan selektif), hanya pohon yang sudah tua dengan ukuran tertentu yang boleh ditebang. Cara penebangan dilaksanakan sedemikian rupa sehingga tidak merusak pohon-pohon muda di sekitarnya.
2. Melakukan penghijauan dan reboisasi (reforestasi), yaitu menghutankan kembali hutan yang sudah terlanjur rusak.
3. Menghutankan daerah yang bukan hutan untuk mengganti daerah hutan yang digunakan untuk keperluan lain.
4. Mencegah kebakaran hutan.

Untuk menjaga kelestarian hewan langka, maka penangkapan dan perburuan harus mentaati peraturan yang berlaku, diantaranya sebagai berikut.

1. Para pemburu harus mempunyai lisensi (surat izin berburu).
2. Senjata untuk berburu harus ditentukan jenisnya.
3. Membayar pajak dan mematuhi undang-undang perburuan.
4. Tidak boleh berburu hewan-hewan langka.
6. Mematuhi waktu berburu karena ada hewan yang boleh ditangkap hanya pada bulan-bulan tertentu saja.
7. Harus menaati konvensi dengan baik. Konvensi ialah aturan-aturan yang tidak tertulis tetapi harus sudah diketahui oleh pemburu. Misalnya, tidak boleh menembak hewan yang bunting, dan tidak boleh membiarkan hewan buruannya lepas dalam keadaan terluka.

Usaha pemerintah untuk melestarikan keanekaragaman hayati adalah sebagai berikut.

1. Memberikan penghargaan kepada pihak yang berjasa dalam pelestarian lingkungan, misalnya kalpataru dan adipura.
2. Memberikan pendidikan dan penyuluhan kepada masyarakat tentang pentingnya pelestarian keanekaragaman hayati.



Gambar 6.11 Perburuan liar mengancam kehidupan satwa liar yang dilindungi.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 6.12 Badak bercula satu dilindungi di Taman Nasional Ujung Kulon.

Sumber: Indonesian Heritage Margasatwa, 2002

Bio Info

Pembiakan *In Situ* dan *Ex Situ*

Salah satu upaya pelestarian hewan dan tumbuhan langka adalah dengan pembiakan secara *in situ* dan *ex situ*. Pembiakan secara *in situ* adalah pembiakan di habitat aslinya, misalnya badak jawa di biakkan di kawasan hutan Ujung Kulon. Pembiakan *ex situ* adalah pembiakan di luar habitat aslinya (habitat buatan) yang telah dibuat semirip mungkin dengan habitat aslinya, misalnya harimau dibiakkan di kebun binatang.

3. Mendirikan berbagai taman nasional dan ratusan cagar alam, suaka margasatwa, hutan wisata, taman laut, dan kebun raya yang dikenal dengan PPA (Perlindungan dan Pengawetan Alam). Contohnya adalah sebagai berikut.
 - a. Taman Nasional Gunung Leuser, terletak di Propinsi Sumatra Utara dan Propinsi Nangroe Aceh Darussalam dengan luas sekitar 9.500 km² di ketinggian 3.400 m dpl. Memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi yaitu dihuni lebih dari 4.000 spesies sehingga merupakan taman nasional terpenting di Asia Tenggara. Jenis hewan yang ada misalnya siamang, lutung, monyet, harimau sumatra, badak sumatra, burung madu, dan burung kuau raja.
 - b. Taman Nasional Kerinci Seblat, terletak di Propinsi Jambi, Sumatra Barat, Sumatra Selatan dan Bengkulu (sebelah selatan Danau Toba) dengan luas 15.000 km² sehingga menjadi taman nasional terbesar dan merupakan habitat alami bunga bangkai dan bunga rafflesia. Hewan yang menghuni misalnya gajah, badak, tapir, harimau, beruang madu, dan macan dahan.
 - c. Taman Nasional Ujung Kulon, terletak di ujung barat Pulau Jawa dengan luas 786 km², merupakan hutan dataran rendah, hutan bakau, dan hutan tepi pantai sebagai habitat berbagai hewan yang terancam punah seperti badak bercula satu, banteng, macan tutul, rusa, ajag, siamang jawa, penyu, dan berbagai jenis primata.
 - d. Taman Nasional Komodo, terletak di Nusa Tenggara Timur dengan luas 750 km², meliputi hutan musim sebagai habitat berbagai jenis hewan seperti komodo, ular, kadal endemik, rusa, babi hutan, burung kakatua, burung rahib, dan burung gosong.
 - e. Taman Nasional Tanjung Putting, terletak di Pulau Kalimantan dengan luas 3.050 km². Taman nasional ini terletak di dataran rendah sekitar pantai yang banyak ditumbuhi palem, pandan, epifit, dan tumbuhan pemakan serangga. Hewan yang menghuni diantaranya bekantan, ikan arwana, dan sinyuon, serta sebagai pusat rehabilitasi orang utan.
 - f. Cagar Alam Lorentz di Irian Jaya, merupakan cagar alam terbesar dengan luas 21.000 km² yang mempunyai semua tipe habitat besar yang ada di Irian Jaya seperti hutan bakau, hutan rawa, hutan pegunungan, vegetasi alpin dan subalpin.
 - g. Cagar Alam Tangkoko Batu Angus di Sulawesi dengan luas 1.351 km² yang banyak ditumbuhi beringin dan pohon buah sehingga mendukung kehidupan berbagai jenis burung dan mamalia. Tipe habitat yang ada yaitu hutan dataran rendah, hutan pegunungan rendah, dan hutan lumut.

- h. Taman laut, misalnya taman laut Bunaken di Sulawesi Utara, Karimun Jawa di Jawa Tengah, Kepulauan Seribu di Jakarta, dan Teluk Cendrawasih di Irian Jaya.
- i. Kebun raya, misalnya kebun raya Bogor, kebun raya Cibodas, dan kebun raya Purwodadi.

Tugas 6.4

Laju kepunahan jenis makhluk hidup saat ini mencapai tingkat yang mengkhawatirkan. Carilah informasi cara pemanfaatan sumber daya alam yang tidak mengancam kelestarian jenis-jenis makhluk hidup.

E Klasifikasi Keanekaragaman Hayati

Kamu sudah mengetahui tentang keanekaragaman hayati, baik tingkat gen, tingkat jenis, maupun tingkat ekosistem. Untuk memudahkan mempelajarinya, makhluk hidup digolongkan menjadi kelompok-kelompok berdasarkan kesamaan ciri tertentu. Pengelompokan ini disebut klasifikasi. Klasifikasi bertujuan untuk menyederhanakan objek (makhluk hidup) sehingga mudah dipelajari. Cabang biologi yang khusus mempelajarinya disebut *taksonomi*. Tujuan klasifikasi yang dilakukan oleh para ahli biologi antara lain sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan ciri-ciri makhluk hidup yang membedakan antarjenis sehingga mudah dikenal.
2. Mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan ciri-cirinya.
3. Mengetahui hubungan kekerabatan antar makhluk hidup.
4. Mengetahui tingkat evolusi makhluk hidup atas dasar kekerabatannya.

1. Sistem Klasifikasi

Klasifikasi sebenarnya adalah pengelompokan makhluk hidup berdasarkan keseragaman ciri atau sifat di antara keanekaragaman sifat yang ada pada di antara makhluk hidup tersebut. Misalnya ada kelompok hewan buas dan tidak buas, kelompok hewan pemakan rumput dan pemakan daging, tumbuhan obat-obatan, tumbuhan penghasil pangan, dan tanaman hias. Tentu kamu dapat melakukan pengelompokan makhluk hidup dengan cara seperti itu.

Banyak ahli yang mengembangkan cara pengelompokan makhluk hidup yang lebih baik, misalnya **Aristoteles** (384 – 322 SM) mengelompokkan makhluk hidup menjadi dua kelompok, yaitu tumbuhan dan hewan. Tumbuhan dikelompokkan menjadi herba, semak, dan pohon. Sedangkan hewan digolongkan menjadi hewan berdarah dan tidak berdarah. **John Ray** (1627 – 1708) merintis pengelompokkan makhluk hidup menjadi kelompok-kelompok kecil dan memperkenalkan



Gambar 6.13 Kebun Raya Bogor: (a) pintu masuk utama, (b) sebagian tumbuhan koleksi kebun raya.

Sumber: Indonesian Heritage Tetumbuhan, 2002

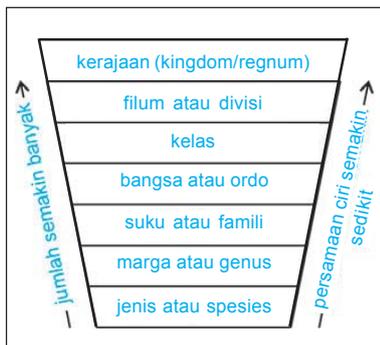
konsep tentang spesies. **Carolus Linnaeus** (1707 – 1778), mengelompokkan makhluk hidup berdasarkan kesamaan struktur ke dalam takson-takson dan memperkenalkan sistem tata nama makhluk hidup yang dikenal dengan *binomial nomenklatur*.

Makhluk hidup dikelompokkan menjadi lima kingdom/ kerajaan yaitu Archaeobacteria, Eubacteria, Protista, Fungi, Plantae, dan Animalia. Setiap kelompok yang terbentuk dari hasil klasifikasi makhluk hidup disebut *takson*. Pengelompokan ke dalam takson-takson didasarkan atas banyaknya persamaan dan perbedaan ciri morfologi, fisiologi, dan anatominya. Sekarang juga dikembangkan perunutannya sekuens ADN untuk menentukan kekerabatan makhluk hidup. Makin banyak persamaan, dikatakan makin dekat hubungan kekerabatannya dan makin sedikit persamaannya, makin jauh kekerabatannya. Makhluk hidup yang memiliki banyak persamaan ciri, dapat saling kawin dan menghasilkan keturunan yang fertil (subur), dimasukkan ke dalam suatu kelompok (takson) yang disebut *spesies* atau *jenis*. Beberapa spesies atau jenis yang berkerabat dekat dapat dikelompokkan ke dalam takson *famili* atau *suku*. Famili yang berkerabat dekat membentuk *ordo* atau *bangsa*. Ordo-ordo yang berkerabat dekat dikelompokkan ke dalam satu *kelas*. Kelas-kelas yang berkerabat dikelompokkan ke dalam suatu *filum* untuk hewan, pada tumbuhan disebut *divisi*. Semua filum dan atau divisi yang berkerabat membentuk *kingdom* atau *kerajaan*. Dengan cara ini maka terbentuk tingkatan klasifikasi atau tingkatan takson. Semakin tinggi kedudukan suatu takson maka semakin sedikit persamaan ciri tetapi semakin banyak jumlah anggotanya. Sebaliknya, semakin rendah kedudukan takson, semakin banyak persamaan ciri, tetapi jumlah anggotanya sedikit.

Untuk membantu memahami uraian di atas, perhatikan skema pada **Gambar 6.14**. Perhatikan juga contoh klasifikasi kucing dan rumput teki di samping.

Sistem klasifikasi makhluk hidup terus berkembang sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Saat ini dikenal tiga sistem klasifikasi makhluk hidup, yaitu sistem artifisial (buatan), sistem alami, dan sistem filogenetik.

- Sistem artifisial atau buatan*, menggunakan ciri-ciri atau sifat-sifat yang sesuai dengan kehendak manusia atau sifat yang lain. Misalnya tumbuhan diklasifikasikan berdasarkan habitus atau perawakan menjadi pohon, perdu, semak, tera, dan memanjat. Tokoh sistem Artifisial antara lain **Aristoteles** dan **Carolus Linnaeus**.
- Sistem alami*, dirintis oleh **Michael Adams** dan **Jean Baptiste de Lamarck** yang menghendaki agar kelompok atau takson dibentuk secara alami yaitu menggunakan dasar persamaan dan perbedaan morfologi secara alami atau sewajarnya. Contoh, hewan berkaki dua, berkaki empat, tidak berkaki, hewan bersayap, hewan bersirip, hewan berbulu, bersisik,



Gambar 6.14 Skema tingkatan takson, dari tingkat jenis sampai kerajaan.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Klasifikasi kucing

Kerajaan	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Mamalia
Bangsa	: Carnivora
Suku	: Felidae
Marga	: Felis
Jenis	: <i>Felis domestica</i>

Klasifikasi rumput teki

Regnum	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Bangsa	: Cyperales
Suku	: Cyperaceae
Marga	: Cyperus
Spesies	: <i>Cyperus rotundus</i>

berambut, dan lain-lain. Sedangkan pada tumbuhan ada kelompok tumbuhan biji berkeping satu dan tumbuhan berkeping biji berkeping dua.

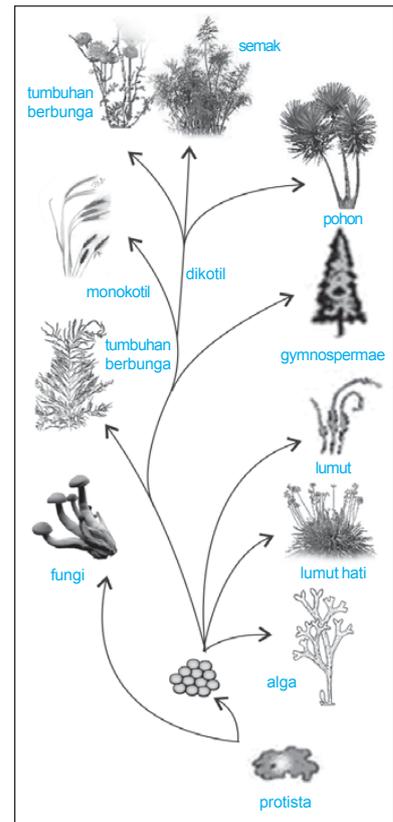
- c. **Sistem Filogenetik**, muncul setelah dikemukakan teori evolusi oleh **Charles Darwin** pada tahun 1859 yang menyusun takson berdasarkan sifat morfologi, anatomi, fisiologinya, dan jauh dekatnya hubungan kekerabatan antara takson yang satu dengan yang lainnya serta mengacu pada hubungan evolusioner nenek moyang dan keturunannya. Perhatikan diagram pohon filogenetik hewan dan tumbuhan pada **Gambar 6.15** yang menunjukkan urutan evolusi hewan dan pada tumbuhan.

Perkembangan sistem klasifikasi filogenetik adalah sebagai berikut.

- 1) Sistem dua kingdom, diperkenalkan oleh **Carolus Linnaeus** pada tahun 1735 yaitu kingdom Vegetabilia dan Animalia.
- 2) Sistem tiga kingdom, diusulkan oleh **Haeckel** pada tahun 1866 yaitu kingdom Protista, Plantae, dan Animalia.
- 3) Sistem empat kingdom, dikemukakan oleh **Herbert Copeland** pada tahun 1956. Copeland menambahkan satu kingdom Protocista sehingga terdapat empat kingdom yaitu Monera, Protocista, Plantae, dan Animalia.
- 4) Sistem lima kingdom, dikemukakan oleh **Robert Whittaker** pada tahun 1969 yang membagi Protocista menjadi dua kingdom yaitu Protista dan Fungi sehingga terdapat lima kingdom, meliputi Monera, Protista, Fungi, Plantae, dan Animalia. Sebelumnya pada tahun 1937 **Chatton** mengusulkan pembagian makhluk hidup menjadi dua kelompok utama yaitu Prokaryota dan Eukaryota yang didasarkan pada ada tidaknya membran inti sel.
- 5) Sistem enam kingdom, diusulkan oleh **Carl Woese** pada tahun 1977. Woese membagi Monera menjadi dua kingdom yaitu Archaeobacteria dan Eubacteria sehingga terdapat enam kingdom. Pada tahun 1990, Woese dan rekan-rekannya kembali mengusulkan sistem pengelompokan makhluk hidup menjadi tiga domain yaitu Bacteria, Archaea, dan Eukarya.

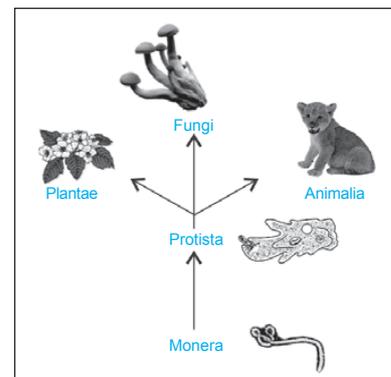
2. Tata Nama Makhluk Hidup

Persebaran suatu jenis makhluk hidup yang luas sering menyebabkan suatu makhluk hidup memiliki nama yang berbeda-beda. Misalnya orang Jawa Tengah menyebutnya *mangga* sebagai *pelem*, *paoh* bagi orang Jawa Timur, dan di Sumatra Barat disebut *pauh*. Agar nama jenis suatu makhluk hidup dapat dimengerti oleh semua orang, maka perlu diberi nama ilmiah dengan menggunakan nama latin, sesuai dengan *Kode Internasional Tata Nama Tumbuhan dan Hewan*.



Gambar 6.15 Diagram pohon filogenetik tumbuhan yang menunjukkan kemungkinan urutan evolusi tumbuhan.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 6.17 Kerajaan makhluk hidup menurut Whittaker.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Bio Info

Kunci Determinasi

Kunci determinasi adalah daftar ciri-ciri makhluk hidup yang disusun secara berpasangan yang digunakan untuk mengklasifikasikan suatu jenis makhluk hidup. Karena ciri disusun berpasangan maka sering disebut *kunci dikotomi*. Biasanya ciri-ciri tersebut menunjukkan ada atau tidaknya struktur yang dimiliki suatu makhluk hidup, misalnya hewan dibedakan yang bertulang belakang dan yang tidak. Dengan cara ini kelompok besar makhluk hidup dapat dibagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil.

Nama ilmiah berguna sebagai alat komunikasi ilmiah di tingkat internasional. Walaupun kadang-kadang sulit dieja atau diingat, tetapi suatu organisme hanya memiliki satu nama yang benar dan diakui di mana saja. **Carolus Linnaeus** mengusulkan sistem tata nama yang diakui secara internasional yaitu sistem *binomial nomenklatur* (tata nama biner). Berikut ini ketentuan pemberian nama takson jenis, marga, dan suku.

a. Nama Jenis

Nama jenis untuk hewan maupun tumbuhan harus terdiri atas dua kata tunggal yang sudah dilatinkan. Misalnya, tanaman jagung nama spesiesnya (jenis) *Zea mays*. Burung merpati nama spesiesnya *Columba livia*. Kata pertama merupakan nama marga (genus), sedangkan kata kedua, merupakan petunjuk spesies atau petunjuk jenis. Pada penulisan nama marga, huruf pertama dimulai dengan huruf besar, sedangkan nama petunjuk jenis, seluruhnya menggunakan huruf kecil. Dalam penulisannya, nama spesies dicetak miring atau digarisbawahi agar dapat dibedakan dengan nama atau istilah lain.

Contoh: - *Zea mays* (jagung)
- *Columba livia* (burung merpati)
- *Oryza sativa* (padi)
- *Canis familiaris* (anjing)

b. Nama Marga (Genus)

Nama marga tumbuhan maupun hewan terdiri atas suku kata yang merupakan kata benda berbentuk tunggal. Huruf pertama ditulis dengan huruf besar. Contoh, marga tumbuhan *Solanum* (terong-terongan) dan marga hewan *Felis* (kucing).

c. Nama Suku (Familia)

Nama-nama suku pada umumnya merupakan suku kata sifat yang dijadikan sebagai kata benda berbentuk jamak. Biasanya berasal dari nama marga makhluk hidup yang bersangkutan. Pada tumbuhan, nama suku ditambahkan akhiran *aceae*. Contoh, nama suku *Solanaceae*, berasal dari kata *Solanum* + *aceae*. Tetapi pada hewan ditambahkan dengan *idea*. Contoh, nama suku *Felidae*, berasal dari kata *Felis* + *idea*.

Tugas 6.5

1. Apakah perbedaan sistem klasifikasi secara artifisial, alami, dan filogeni?
2. Buatlah klasifikasi artifisial untuk mengelompokkan berbagai macam tumbuhan yang ada di lingkungan sekolahmu.
3. Buatlah tingkatan klasifikasi jenis makhluk hidup langka yang kamu temukan pada **Tugas 6.2**.

Rangkuman

- Keanekaragaman hayati adalah keanekaragaman organisme yang menunjukkan keseluruhan tingkat organisasi kehidupan di suatu daerah. Oleh karena itu terdapat variasi tingkat gen, jenis, dan ekosistem. Indonesia termasuk negara yang mempunyai tingkat keanekaragaman jenis hewan dan tumbuhan yang sangat tinggi, beberapa di antaranya merupakan makhluk hidup endemik dan langka.
- Keanekaragaman hayati bermanfaat bagi kehidupan dan kesejahteraan manusia karena mempunyai fungsi ekonomi, biologi, ekologi, dan sosial.
- Kegiatan manusia dapat membahayakan kelestarian hewan dan tumbuhan, sehingga pemanfaatan sumber daya alam harus arif dan bijaksana.
- Taksonomi adalah sistem pengelompokan makhluk hidup berdasarkan sistem tertentu. Terdapat sistem klasifikasi buatan, alami, dan filogeni. Sistem klasifikasi terbaru membagi makhluk hidup ke dalam enam kingdom yaitu Eubacteria, Archaeobacteria, Protista, Fungi, Plantae, dan Animalia.
- Tata nama makhluk hidup yang berlaku secara internasional adalah sistem *binomial nomenklatur*. Dengan cara ini setiap satu jenis makhluk hidup hanya mempunyai satu nama yang berlaku secara internasional.

Latihan 6

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Perbedaan yang ditemukan di antara sesama ayam dalam satu kandang disebut
 - a. evolusi
 - b. adaptasi
 - c. variasi
 - d. keberagaman
 - e. adaptasi dan variasi
2. Di antara individu sejenis tidak pernah ditemukan yang sama persis untuk semua sifat. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan
 - a. lingkungan
 - b. induknya
 - c. jenisnya
 - d. lingkungan dan gen
 - e. gen dan plasma nutfah
3. Hutan bakau di Kalimantan, hutan hujan tropis di Jawa Barat, dan sabana di Papua, merupakan contoh keanekaragaman hayati tingkat
 - a. genetik
 - b. spesies
 - c. ekosistem
 - d. populasi
 - e. individu
4. Hutan merupakan salah satu tempat yang tingkat keanekaragaman hayatinya sangat tinggi, karena di hutan dapat ditemukan berbagai jenis makhluk hidup. Karena itu hutan merupakan gudang
 - a. flora
 - b. fauna
 - c. mikroorganisme
 - d. organisme
 - e. plasma nutfah
5. Berikut ini hewan endemik yang ada di Indonesia adalah
 - a. maleo di Sulawesi
 - b. anoa di Papua
 - c. kuda di Sumbawa
 - d. badak bercula satu di Sulawesi
 - e. jalak putih di Kalimantan
6. Tindakan-tindakan manusia yang dapat menurunkan keanekaragaman hayati adalah
 - a. penanaman monokultur
 - b. reboisasi
 - c. tebang pilih Indonesia
 - d. penganeekaragaman makanan
 - e. rotasi tanaman

7. Seorang siswa menentukan tumbuhan dengan ciri sebagai berikut: batang pendek di dalam tanah berupa rizoma, berakar serabut, tidak mempunyai bunga, dan berkembang biak dengan spora. Tumbuhan tersebut termasuk dalam kelompok
 - a. ganggang
 - b. lumut
 - c. tumbuhan biji
 - d. paku
 - e. lumut kerak
8. Berdasarkan sistem tata nama ganda, cara penulisan yang benar untuk nama jenis kelapa adalah
 - a. Cocos nucifera
 - b. Cocos Nucifera
 - c. cocos Nucifera
 - d. cocos nucifera
 - e. COCOS NUCIFERA
9. Contoh tempat pelestarian keanekaragaman hayati secara *ex situ* adalah
 - a. kebun raya dan kebun binatang
 - b. cagar alam dan taman nasional
 - c. taman wisata dan hutan lindung
 - d. kebun raya dan taman nasional
 - e. kebun binatang dan hutan lindung
10. Berikut adalah nama ilmiah beberapa makhluk hidup yang terdapat di sekitar kita:

(1) <i>Oryza sativa</i>	(3) <i>Musa paradisiaca</i>
(2) <i>Musa textilis</i>	(4) <i>Felix domestica</i>

 Makhluk hidup yang menunjukkan kekerabatannya paling dekat adalah
 - a. 1 dan 2
 - b. 1 dan 3
 - c. 2 dan 3
 - d. 3 dan 4
 - e. 1 dan 4

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan pengertian keanekaragaman hayati dan berilah contoh keanekaragaman hayati tingkat gen, jenis, dan ekosistem.
2. Uraikan dengan singkat keanekaragaman hayati di Indonesia. Mengapa banyak jenis makhluk hidup yang saat ini menjadi langka?
3. Sebutkan kegiatan manusia yang membahayakan kelestarian jenis hewan dan tumbuhan. Langkah-langkah apakah yang dapat ditempuh untuk melestarikan keanekaragaman hayati di Indonesia?
4. Klasifikasi merupakan cara untuk mempermudah mempelajari keanekaragaman makhluk hidup. Jelaskan tujuan klasifikasi serta sistem klasifikasi yang dipakai saat ini.
5. Jelaskan sistem tata nama binomial nomenklatur yang diusulkan oleh Carolus Linnaeus.

Wacana

Lahan Gambut dan Pemanfaatannya

Tahukah kamu proyek lahan gambut sejuta hektar yang dicanangkan pemerintahan Orde Baru pada tahun 1997? Pada waktu itu lahan gambut dianggap sebagai lahan tergenang air yang tidak bermanfaat. Pemerintah berinisiatif untuk memanfaatkan lahan gambut sebagai areal pertanian guna mendukung ketahanan pangan nasional. Namun ketika lahan gambut dibuka, fungsi ekologis lahan gambut hilang sehingga banyak jenis flora dan fauna khas di kawasan itu menjadi langka dan terancam punah seperti kayu ramin (*Gonyostilus banchanus*), meranti (*Shorea teyismanniana* dan *S. balangeran*) dan bekantan (*Nasalis larvatus*). Pembukaan lahan gambut juga menimbulkan masalah banjir dan terganggunya persediaan air bagi kawasan sekitarnya. Proyek ini dihentikan sejak tahun 1999, meskipun demikian kerusakan lingkungan yang timbul sulit untuk diatasi. Bahkan banyak lahan gambut yang terbakar sehingga kerusakannya kian parah.

Carilah informasi apakah yang dimaksud dengan lahan gambut dan proses terbentuknya. Apakah peranan ekologis lahan gambut? Jika pembukaan lahan gambut untuk pertanian mengakibatkan kerusakan lingkungan, sebutkan kemungkinan pemanfaatan lain yang masih dapat menjaga kelestarian lingkungannya?

Sumber: *Kompas*, Kamis 12 Oktober 2006

BAB

VII

Regnum Plantae

Pada bab ini kamu akan mempelajari ciri-ciri berbagai divisi tumbuhan dan peranannya dalam kehidupan. Setelah mempelajari bab ini diharapkan kamu dapat mendeskripsikan ciri umum divisi dalam regnum Plantae dan mengkomunikasikan peranannya dalam kehidupan.

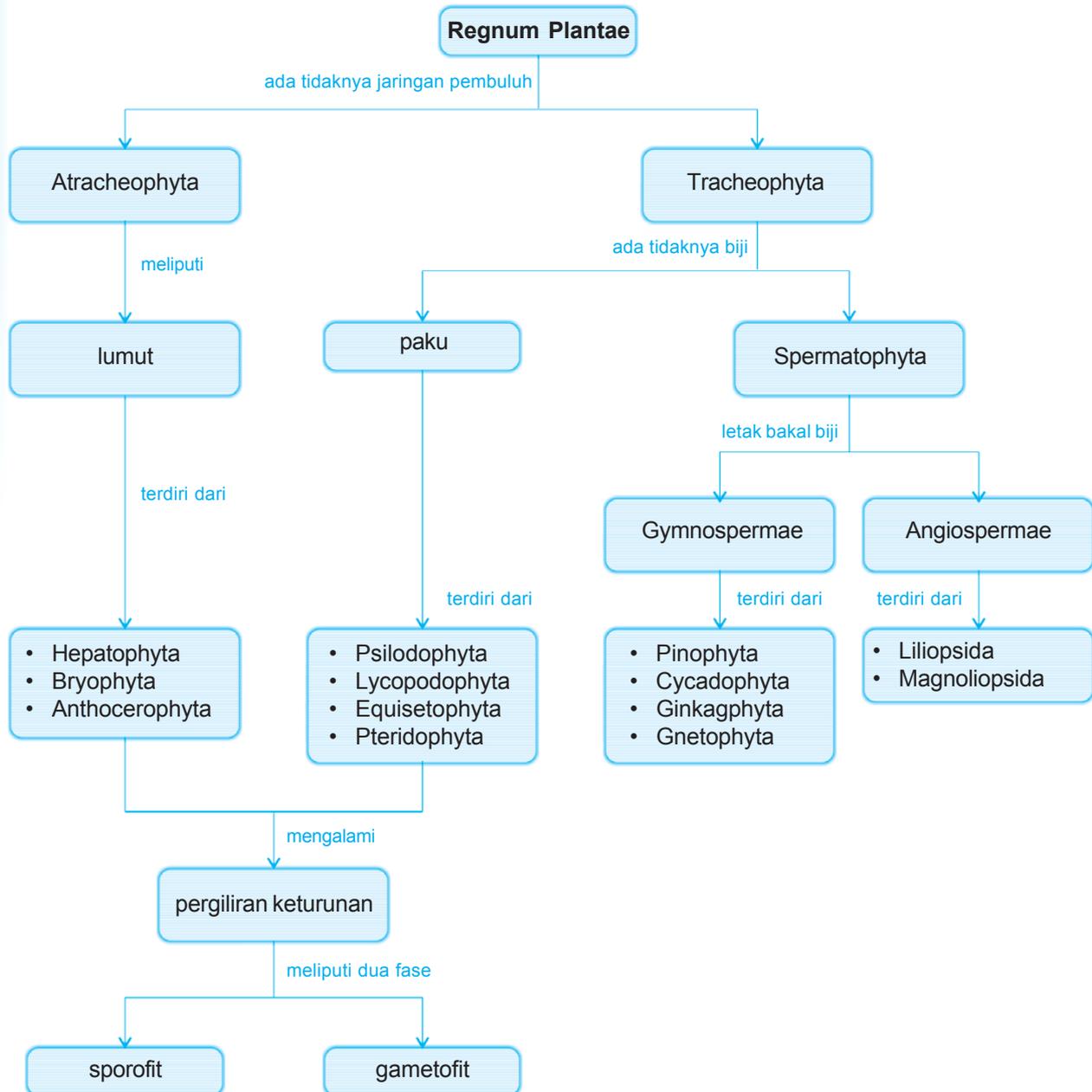
Kata kunci:

lumut, paku, spora, biji, buah gametofit, sporofit, autotrof



Peta Konsep

peta konsep



Setiap hari kamu tentu menjumpai berbagai jenis tumbuhan. Tumbuhan sangat beragam bentuk dan dapat beradaptasi hampir di semua tempat di Bumi. Dalam sistem klasifikasi tumbuhan dimasukkan dalam regnum Plantae. Bagaimanakah ciri-ciri divisi dalam Regnum Plantae? Bagaimana perkembangbiakan dan apakah manfaatnya?

Semua organisme dalam Regnum Plantae atau tumbuhan selnya bersifat eukariotik, multiseluler yang mempunyai ciri khusus yaitu bersifat fotoautotrof (memperoleh makanan dengan fotosintesis yang memanfaatkan sumber energi dari matahari), tumbuh secara tak terbatas (mempunyai bagian yang sel-selnya selalu aktif membelah yaitu daerah meristem), selnya mempunyai dinding yang kaku terbuat dari selulosa, tidak mempunyai organ gerak aktif, tidak mempunyai sistem saraf dan indra, serta menunjukkan pergantian generasi antara haploid dan diploid dalam daur hidupnya. Generasi diploid dikenal sebagai sporofit dan generasi haploid dikenal sebagai gametofit yang menghasilkan sel-sel gamet. Sel-sel tumbuhan telah mengalami diferensiasi sempurna membentuk jaringan yang menyusun organ akar, batang, dan daun sejati.

Ukuran tumbuhan bervariasi. Kamu dapat menemukan tumbuhan yang berukuran hanya beberapa milimeter hingga mencapai tinggi lebih dari 90 meter. Diperkirakan ada 300.000 hingga 350.000 jenis tumbuhan. Sampai dengan tahun 2004, 287.655 jenis telah diidentifikasi, 258.650 jenis merupakan tumbuhan berbunga dan sekitar 15.000 jenis termasuk tumbuhan lumut.

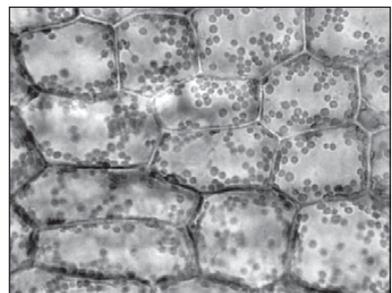
Tumbuhan mempunyai pigmen yang berperan sebagai pusat fotosintesis (klorofil a, klorofil b, dan karotenoid), sehingga bersifat autotrof dan menyimpan cadangan makanan dalam bentuk pati. Hanya ada sedikit tumbuhan yang tidak mempunyai klorofil sehingga hidup sebagai parasit pada organisme lain. Oleh karena itu tumbuhan memegang peranan penting dalam menjaga kelangsungan kehidupan di bumi karena rantai makanan diawali oleh tumbuhan hijau sebagai produsen. Semua energi yang digunakan oleh makhluk hidup dihasilkan oleh tumbuhan hijau melalui fotosintesis. Selain itu fotosintesis juga menghasilkan oksigen yang penting bagi semua makhluk hidup.

Regnum Plantae meliputi tiga kelompok tumbuhan yaitu tumbuhan lumut, tumbuhan paku, dan tumbuhan biji (Spermatophyta). Berdasarkan ada tidaknya jaringan pengangkut, tumbuhan dibedakan menjadi dua golongan yaitu tumbuhan nonvaskular (Atracheophyta) dan tumbuhan vaskular (Tracheophyta). Tumbuhan nonvaskular belum mempunyai berkas pengangkut yang sesungguhnya, meliputi berbagai jenis lumut. Tumbuhan vaskular sudah memiliki xilem dan floem sebagai alat pengangkutan. Di samping itu sudah memiliki akar, batang, dan daun sejati (*kormus*) sehingga sering disebut sebagai tumbuhan berkormus. Berdasarkan alat perkembangbiakannya, tumbuhan berpembuluh dapat dibedakan menjadi tumbuhan paku dan tumbuhan berbiji (Spermatophyta).



Gambar 7.1 Tumbuhan bersifat fotoautotrof, merupakan produsen dalam suatu ekosistem.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 7.2 Sel tumbuhan bersifat eukariotik, berdinding sel, dan mempunyai klorofil.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Tumbuhan lumut meliputi tiga divisi yaitu Hepatophyta, Bryophyta, dan Anthoceroophyta. Umumnya berukuran kecil antara 1 – 10 cm atau lebih. Semua lumut tidak menghasilkan bunga atau biji, sebagai gantinya lumut menghasilkan spora sebagai alat perkembangbiakannya.



Gambar 7.3 Lumut menghasilkan spora sebagai alat perkembangbiakan.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005

1. Ciri-Ciri Lumut

Lumut belum memiliki berkas pembuluh sejati (jaringan pengangkut air dan makanan tidak dapat dibedakan menjadi xilem dan floem). Organ penyerap hara dan organ fotosintetik dapat dibedakan dengan mudah, namun belum memiliki akar dan daun sejati. Organ penyerap haranya adalah rizoid. Daun terdiri dari beberapa lapis sel yang disebut mikrofil, umumnya tersusun rapat menutupi batang. Lumut tingkat tinggi telah memiliki sel-sel khusus yang mengangkut air yang diserap dari dalam tanah yang menyerupai xilem. Semua lumut bersifat fotoautotrof yaitu memperoleh makanan dengan fotosintesis karena daunnya mempunyai kloroplas yang mengandung klorofil a, klorofil b, dan karotenoid.

Lumut tidak mempunyai lapisan kutikula yang mencegah kehilangan air, sehingga lumut menghendaki habitat yang lembab atau basah, tidak terpapar sinar matahari langsung, baik di atas tanah, bebatuan, atau di kulit pepohonan. Beberapa jenis beradaptasi sebagai tumbuhan air, sedang jenis yang lain tumbuh pada musim basah dan menjadi dorman ketika musim kering. Meskipun dapat ditemukan hampir di semua tempat, namun tidak ditemukan lumut yang hidup di laut. Tumbuhan lumut sering disebut tumbuhan pelopor, karena dapat tumbuh di suatu tempat yang tidak dapat ditumbuhi jenis tumbuhan lain. Ini terjadi karena tumbuhan lumut berukuran kecil tetapi membentuk koloni yang dapat menjangkau area yang luas. Jaringan tumbuhan yang mati menjadi sumber hara bagi lumut dan tumbuhan yang lain.

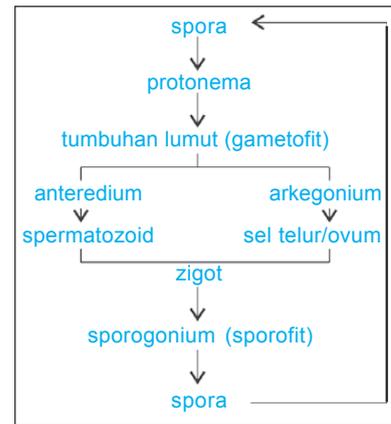
Tumbuhan lumut memiliki peran dalam ekosistem sebagai penyedia oksigen, penyimpan air (karena sifat selnya yang menyerupai spons), dan sebagai penyerap polutan. Beberapa spesies *Sphagnum* dapat digunakan sebagai obat kulit dan mata dan untuk membuat media tanam dalam budidaya tanaman secara hidroponik. Di Florida lumut *Fontias antipyretica* yang hidup di sungai yang alirannya tenang sering digunakan untuk membantu memadamkan kobaran api karena daunnya dapat menyimpan banyak air.

2. Daur Hidup Lumut

Dalam hidupnya lumut mengalami pergiliran keturunan antara generasi *gametofit* dan generasi *sporofit*. Generasi gametofit (bersifat haploid) lebih menonjol dibandingkan generasi sporofit. Lumut yang sehari-hari kamu lihat adalah generasi gametofitnya.

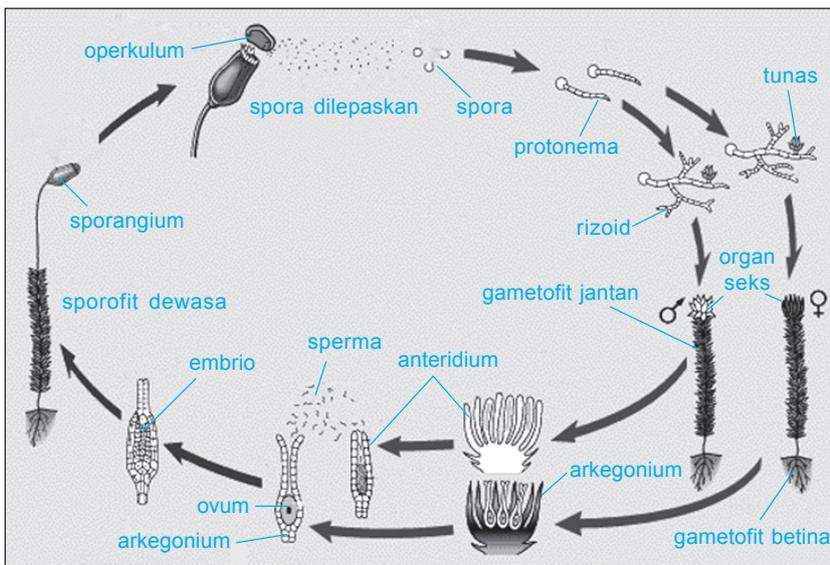
Pada fase ini lumut membentuk struktur batang dan daun, melakukan fotosintesis, membentuk organ reproduksi/gametangia (anteridium dan arkegonium), gamet, dan spora. Jika kedua gametangia terdapat dalam satu individu disebut *berumah satu* (*monoisous* atau *autoisous*) dan jika terpisah pada dua individu disebut *berumah dua* (*dioisous*) sehingga terdapat lumut jantan dan betina. Generasi sporofit memperoleh makanan dari generasi gametofit, sehingga hidupnya tergantung pada generasi gametofit.

Siklus hidup lumut dimulai ketika spora berkecambah menghasilkan *protonema*. Protonema kemudian tumbuh dan berdiferensiasi membentuk rizoid, batang, dan mikrofil. Dari ujung batang berkembang organ reproduksi. Organ reproduksi betina disebut *arkegonia* yang dilindungi oleh modifikasi daun yang disebut *perisaeta*. Organ reproduksi jantan disebut anteridium yang ditutupi oleh modifikasi daun yang disebut *perigonium*. Arkegonium menghasilkan sel telur atau ovum dan anteridium menghasilkan sperma yang berflagela dua. Sperma kemudian berenang untuk membuahi sel telur. Pembuahan ini hanya dapat berlangsung bila lingkungannya basah atau berair. Gerakan sperma ke arah sel telur merupakan gerak kemotaksis, karena adanya rangsangan zat kimia berupa lendir yang dihasilkan oleh sel telur. Hasil pembuahan membentuk zigot yang kemudian tumbuh menjadi sporofit yang bersifat haploid. Ketika sporofit masak (menjadi dewasa, yaitu berumur antara $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$ tahun) akan membentuk tangkai panjang (disebut *seta*) yang ujungnya berupa kapsul yang disebut *sporogonium*. Di dalam kapsul, setiap sel induk spora membelah menghasilkan empat spora yang berkumpul membentuk tetrad. Ketika spora telah masak, kapsul pelindungnya pecah dan spora dibebaskan. Spora kemudian dilepaskan yang dapat berkecambah dan memulai siklus hidup lumut lagi. Secara singkat daur hidup lumut dapat kamu amati pada **Gambar 7.4**



Gambar 7.4 Daur hidup tumbuhan lumut.

Sumber: *Ensiklopedia Umum*



Gambar 7.5 Lumut mengalami pergiliran keturunan antara fase gametofit dan sporofit.

Sumber: *Encyclopedia Britannica, 2006*

Untuk memahami struktur tumbuhan lumut, lakukan **Kegiatan 7.1**.

Kegiatan 7.1

Struktur Tumbuhan Lumut

A. Tujuan

Mengamati struktur tumbuhan lumut.

B. Alat dan Bahan

1. Tumbuhan lumut
2. Kaca pembesar
3. Pisau

C. Cara Kerja

1. Carilah tumbuhan lumut yang ada di sekitar rumah atau sekolahmu, kemudian dengan hati-hati ambillah contoh beserta medianya menggunakan pisau.
2. Amatilah struktur tumbuhan lumut dengan cermat menggunakan kaca pembesar.
3. Gambarlah hasil pengamatanmu dan berilah keterangan bagian-bagian tumbuhan lumut.

D. Pertanyaan

1. Dari hasil pengamatanmu, bagaimanakah struktur tumbuhan lumut? Apakah fungsi bagian-bagian tumbuhan lumut itu?
2. Bagian apakah yang digunakan sebagai alat perkembangbiakan lumut?
3. Lumut yang kamu amati termasuk generasi gametofit ataukah sporofit? Tunjukkan ciri-ciri fase gametofit dan fase sporofit.
4. Jelaskan daur hidup tumbuhan lumut.

3. Klasifikasi Lumut

Tumbuhan lumut meliputi tiga divisi yaitu lumut hati (Hepatophyta), lumut daun (Bryophyta), dan lumut tanduk (Anthoceroophyta).

a. Divisi Hepatophyta

Hepatophyta meliputi sekitar 8.000 jenis yang kebanyakan hidup di tempat lembab seperti pada batang pohon, tanah, atau batu cadas. Lumut ini membentuk massa berupa lembaran dengan tepi yang terbelah-belah (disebut talus) yang berbentuk seperti hati. Pada beberapa jenis, talus ini membentuk daun sehingga lumut hati dapat dibedakan menjadi lumut hati bertalus dan lumut hati berdaun (sering disebut lumut sisik). Contoh lumut hati bertalus yaitu *Marchantia polymorpha*, *M. berteroana*, *Ricciocarpus natans*, *R. frostii*. Lumut hati berdaun misalnya *Porella*.



Gambar 7.6 *Marchantia polymorpha* salah satu jenis lumut hati.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

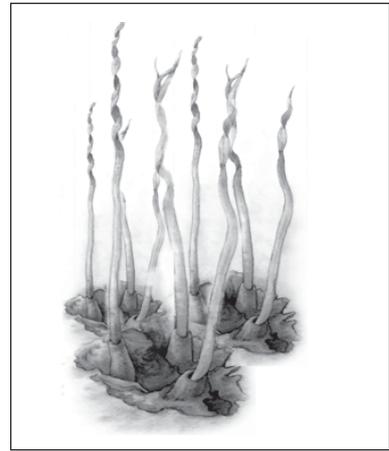
b. Divisi Bryophyta

Meliputi sekitar 14.000 jenis lumut daun yang dibagi menjadi tiga ordo yaitu Bryales, Sphagnales, dan Andreales. Lumut daun lebih mudah dikenali karena sering dijumpai di tempat yang agak terbuka. Semua lumut daun mempunyai batang dan daun semu yang berdiri tegak. Pada ujung batang terdapat alat perkembangbiakan generatif yaitu anteridium

dan arkegonium. Contoh dari ordo Bryales adalah *Juni-perinum* sp, *Polytricum* sp, *Pogonatum* sp, dan *Funaria* sp. Dari ordo Sphagnales misalnya *Sphagnum fimbriatum*, *S. acutifolium*, *S. squarrosum* dan *S. ruppinese*. Semua jenis *Sphagnum* sering dinamakan lumut gambut dan dapat disterilkan untuk digunakan sebagai pengganti kapas.

c. Divisi Anthocerophyta

Divisi Anthocerophyta meliputi sekitar 300 jenis lumut yang kebanyakan tumbuh tanpa daun. Banyak ditemukan hidup di tanah lembab sepanjang aliran sungai. Generasi gametofitnya berbentuk pipih seperti cuping yang bentuknya tak beraturan. Contohnya adalah *Anthoceros* sp.



Gambar 7.7 *Anthoceros* sp. salah satu jenis Athocero-phyta.

Sumber: *Indonesia Heritage Tetumbuhan*, 2002

Tugas 7.1

Carilah informasi mengapa lumut sering disebut tumbuhan perintis. Apa yang menyebabkan lumut dapat hidup di tempat yang tidak dapat ditumbuhi oleh tumbuhan lain?

B Tumbuhan Paku

Tumbuhan paku-pakuan (atau disingkat *tumbuhan paku*, dikenal pula sebagai *pakis*) telah memiliki sistem pembuluh sejati (kormus) tetapi tidak menghasilkan biji untuk reproduksinya. Sebagai gantinya tumbuhan paku menghasilkan spora sebagai alat perbanyak generatifnya sehingga tumbuhan paku sering disebut *kormofita berspora*.

Tumbuhan paku tersebar di seluruh bagian dunia, kecuali daerah bersalju abadi dan daerah kering (gurun). Total spesies yang diketahui sekitar 10.000 (diperkirakan 3.000 diantaranya tumbuh di Indonesia), sebagian besar tumbuh di daerah tropika basah yang lembab. Tumbuhan ini cenderung tidak tahan dengan kondisi air yang terbatas. Tumbuhan paku ada yang hidup sebagai saprofit dan ada pula sebagai epifit. Paku menyukai tempat lembab (higrofit), dari kawasan pantai sampai di daerah pegunungan tinggi.

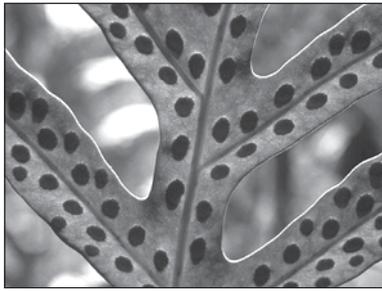
1. Ciri-Ciri Tumbuhan Paku

Bentuk tumbuhan paku bermacam-macam, ada yang berupa pohon (paku pohon, biasanya tidak bercabang), epifit, mengapung di air, atau hidrofit. Biasanya tumbuhan paku berupa tera dengan rizoma yang menjalar di tanah atau pohon yang menyangga daun dengan ukuran yang bervariasi, dapat mencapai tinggi 6 m). Daun yang masih muda selalu menggulung sebagai ciri khas tumbuhan paku. Daun paku hampir selalu berupa daun majemuk. Sering dijumpai tumbuhan paku hidup mendominasi vegetasi suatu tempat sehingga membentuk belukar yang luas dan menekan tumbuhan yang lain.



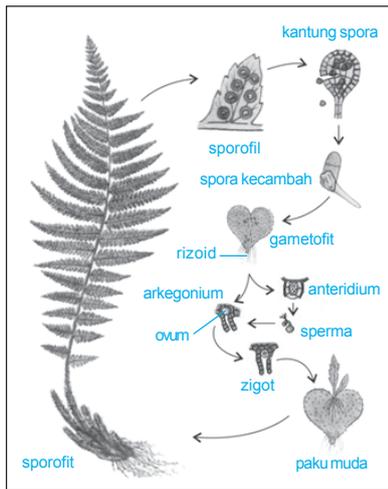
Gambar 7.8 Daun muda tanaman paku menggulung.

Sumber: *Microsoft Encarta*, 2006



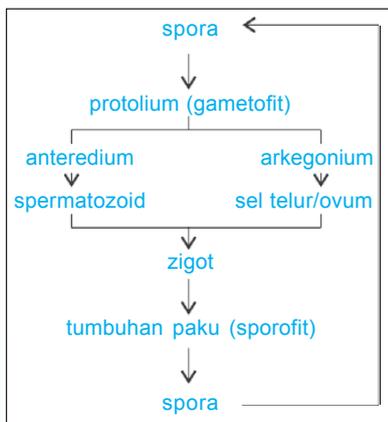
Gambar 7.9 Tropofil, daun yang menghasilkan spora pada paku.

Sumber: www.wikipedia.com



Gambar 7.10 Pergiliran keturunan pada tumbuhan paku.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 7.11 Diagram daur hidup paku homospor

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

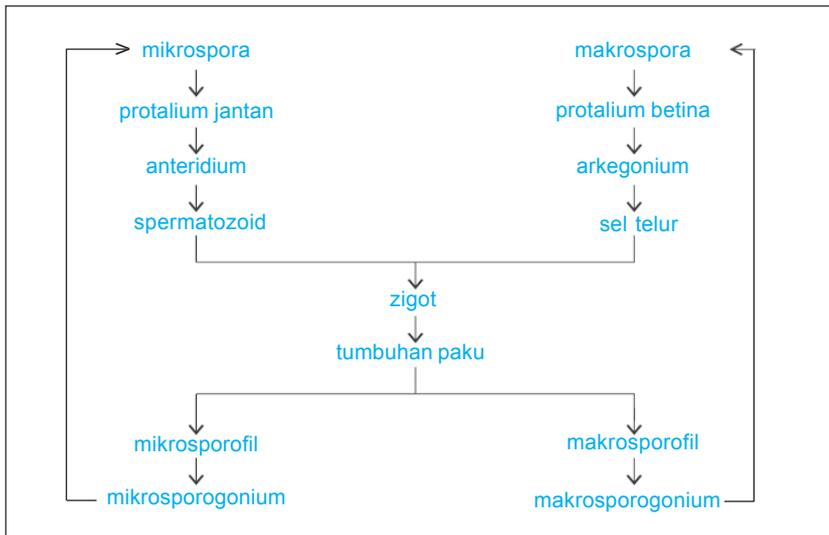
Akar tumbuhan paku berupa akar serabut. Pada akar paku, xilem terdapat di tengah dikelilingi floem membentuk berkas pembuluh angkut yang konsentris. Batangnya jarang tumbuh tegak di atas tanah, kecuali pada paku tiang (*Alsopila* sp. dan *Cyathea* sp.). Batang paku kebanyakan berupa rhizoma. Tipe berkas pembuluh angkut batang sama dengan akar, yaitu tipe konsentris. Daun tumbuhan paku terdiri dari jenis yaitu daun yang khusus untuk asimilasi disebut *tropofil* dan daun yang khusus menghasilkan spora disebut *sporofil*. Pada bagian bawah sporofil terdapat bulatan kecil berwarna coklat yang disebut *sorus*. Setiap sorus terdiri atas banyak sporangium adalah kotak spora. Indusium adalah selaput yang melindungi sorus muda. Selain berkumpul pada sorus, sporangium juga ditemukan pada strobilus dan sporokarp. *Strobilus* berbentuk kerucut, misalnya pada *Selaginella* sp. sedangkan *sporokarp* merupakan sporangium yang dibungkus badan buah, misalnya pada *Marsilea* sp. dan *Azolla* sp. Pada sporangium terdapat sel berbentuk cincin yang disebut annulus yang sensitif terhadap kelembaban udara. Annulus berfungsi untuk mengeluarkan dan menyebarkan spora yang telah masak yaitu ketika keadaan udara panas dan kering.

2. Daur Hidup Paku

Daur hidup tumbuhan paku mengalami pergiliran keturunan yang terdiri dari dua fase utama yaitu gametofit dan sporofit. Tumbuhan paku yang kamu amati sehari-hari merupakan fase sporofit yang menghasilkan spora. Bentuk generasi fase gametofit dinamakan *protalium*, yaitu tumbuhan kecil berupa lembaran berwarna hijau, mirip lumut hati, akar berupa rizoid, tidak berbatang, dan tidak berdaun. Protalium tumbuh dari spora yang jatuh di tempat yang lembab. Protalium menghasilkan *anteridium* yaitu organ penghasil *sperma* atau sel kelamin jantan dan *arkegonium* yaitu organ penghasil *ovum* atau sel telur. Agar terjadi pembuahan, lingkungan harus berair sebagai media sperma berpindah menuju ovum. Ovum yang dibuahi berkembang menjadi zigot, kemudian tumbuh menjadi tumbuhan paku baru. Perhatikan daur hidup paku pada **Gambar 7.10**.

Berdasarkan spora yang dihasilkan dikenal 3 jenis tumbuhan paku, yaitu sebagai berikut.

- Paku homospor* atau *isospor*, menghasilkan satu jenis spora saja, misalnya paku kawat (*Lycopodium clavatum*). Perhatikan daur hidup paku homospor pada **Gambar 7.11**.
- Paku heterospor*, menghasilkan dua jenis spora yang berbeda ukurannya. Spora yang kecil disebut mikrospora yang berjenis jantan, dan spora yang besar disebut makrospora yang berjenis betina. Hasil fertilisasi ovum oleh sperma menghasilkan zigot yang dapat tumbuh menghasilkan tumbuhan paku. Misalnya paku rane (*Selaginella wildenowii*) dan semanggi (*Marsilea crenata*). Perhatikan daur hidup paku heterospor pada **Gambar 7.12**.



Gambar 7.12 Skema daur hidup paku heterospor.

Sumber: *Biologi Umum, 2005*

- c. *Paku peralihan*, menghasilkan spora yang bentuk dan ukurannya sama (isospora) tetapi sebagian jantan dan sebagian betina (heterospora), misalnya paku ekor kuda (*Equisetum debile*).

Untuk memahami struktur tumbuhan lumut, lakukan **Kegiatan 7.2**.



Kegiatan 7.2

Struktur Tumbuhan Paku

A. Tujuan

Mengamati struktur tumbuhan paku.

B. Alat dan Bahan

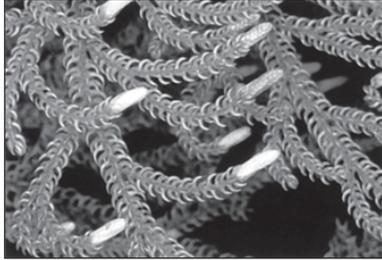
1. Beberapa jenis tumbuhan paku.
2. Kaca pembesar

C. Cara Kerja

1. Carilah beberapa jenis tumbuhan paku yang dapat kamu temukan di sekitar rumah atau sekolahmu. Jika memungkinkan, cabutlah dengan hati-hati dan bawalah ke laboratorium.
2. Amatilah bagian-bagian tumbuhan paku dan buatlah gambar disertai keterangan bagian-bagiannya.
3. Amatilah ujung daun yang masih muda dengan kaca pembesar. Semua jenis paku ujung daun muda selalu menggulung.
4. Temukan bagian tumbuhan paku yang menghasilkan spora. Dengan menggunakan kaca pembesar gambarlah sorus dan bagian-bagiannya.

D. Pertanyaan untuk Diskusi

1. Bagaimanakah struktur tumbuhan paku? Apakah fungsi bagian-bagian tumbuhan paku?
2. Bagian manakah yang menghasilkan spora?
3. Tumbuhan paku yang kamu amati termasuk fase gametofit atukah fase sporofit? Bagaimanakah ciri-ciri fase gametofit dan sporofit tumbuhan paku?
4. Jelaskan daur hidup tumbuhan paku.



Gambar 7.13 *Lycopodium cernuum*, salah satu jenis paku Lycopodophyta

Sumber: Indonesian Heritage Tetumbuhan, 2002



Gambar 7.14 Paku pohon (*Cyathea latebrosa*), salah satu jenis paku Pteridophyta

Sumber: Indonesian Heritage Tetumbuhan, 2002

3. Klasifikasi Tumbuhan Paku

Dahulu semua kormofita berspora dimasukkan dalam Pteridophyta. Jadi Pteridophyta meliputi berbagai jenis pakis (kelas Filicinae), paku ekor kuda (Equisetinae), paku rane dan paku kawat (Lycopodiinae), Psilotum (Psilotinae), serta Isoetes (Isoetinae). Namun pengujian secara molekular menunjukkan bahwa kelompok-kelompok paku tersebut mempunyai banyak perbedaan atau berkerabat jauh, sehingga setiap kelompok kemudian dimasukkan dalam divisi yang berbeda. Tumbuhan paku dapat dikelompokkan sebagai berikut.

a. Divisi Psilophyta

Merupakan kelompok paku yang paling primitif, yaitu belum mempunyai struktur akar (berupa rizoma) dan sebagian besar belum mempunyai daun. Sporangium terletak di ketiak daun. Contohnya adalah *Psilotum nudum*.

b. Divisi Lycopodophyta

Mempunyai daun kecil-kecil atau berbentuk jarum atau sisik. Batangnya seperti kawat yang bercabang-cabang. Contohnya *Lycopodium clavatum* yang digunakan sebagai obat-obatan, *Lycopodium cernuum* yang digunakan sebagai karangan bunga, dan *Selaginella*.

c. Divisi Equisetophyta

Hidup di pegunungan atau rawa-rawa. Mempunyai rhizoma yang menjalar. Batangnya mengandung zat kersik yang dapat digunakan sebagai penggosok logam. Daunnya menyerupai jarum dan tersusun dalam suatu lingkaran. Contohnya adalah rumput betung (*Equisetum debile*).

d. Divisi Pteridophyta

Pteridophyta dianggap paku sejati atau paku benar. Ada yang hidup di darat dan ada pula yang hidup di air. Bentuk daun lebar, kedudukan daun menyirip, dan tulang daunnya jelas terlihat. Daun muda menggulung dan sorus terletak di bawah permukaan daun. Contohnya adalah paku pohon (*Cyathea*) paku tanduk rusa (*Platyserium bifurcatum*), suplir (*Adiantum cuneatum*), semanggi (*Marsilea crenata*), dan paku air (*Azolla pinnata*).

4. Manfaat Tumbuhan Paku

Tumbuhan paku mempunyai beberapa manfaat yaitu sebagai berikut.

a. Sebagai tanaman hias:

- 1) *Platyserium bifurcatum* (paku tanduk rusa),
- 2) *Asplenium nidus* (paku sarang burung),
- 3) *Adiantum cuneatum* (suplir),
- 4) *Selaginella wildenowii* (paku rane).

b. Sebagai bahan penghasil obat-obatan:

- 1) *Aspidium filix-mas*,
- 2) *Lycopodium clavatum*.

c. Sebagai sayuran:

- 1) *Marsilea crenata* (semanggi),
- 2) *Salvinia natans* (paku sampan atau kiambang).

- d. Sebagai pupuk hijau, yaitu *Azolla pinnata* karena bersimbiosis dengan *Anabaena azollae* (salah satu jenis ganggang biru) sehingga mampu menambat nitrogen dari udara bebas.

Tugas 7.2

Pada zaman dahulu tumbuhan paku merupakan tumbuhan yang dominan di Bumi. Carilah informasi kehidupan tumbuhan paku pada zaman itu beserta buktinya.

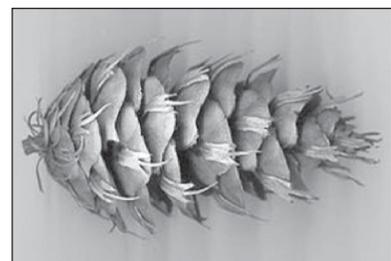
C Tumbuhan Berbiji (Spermatophyta)

Tumbuhan berbiji mempunyai alat perkembangbiakan generatif berupa biji. Oleh karena itu sering disebut tumbuhan *kormofita berbiji*. Biji dihasilkan dari organ bunga sehingga tumbuhan berbiji juga disebut tumbuhan berbunga (Anthophyta). Tumbuhan berbiji dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama berdasarkan letak bakal bijinya, yaitu Gymnospermae dan Angiospermae.

1. Tumbuhan Biji Terbuka (Gymnospermae)

Kelompok tumbuhan ini mempunyai ciri khas bakal bijinya tidak dilindungi oleh satu atau beberapa daun buah. Jadi bakal bijinya kelihatan dari luar. Gymnospermae merupakan tumbuhan heterospor, yaitu menghasilkan dua jenis spora yang berlainan berupa *mikrospora* dan *megaspora*. Mikrospora menghasilkan serbuk sari. Kamu perlu mengetahui bahwa beberapa jenis Gymnospermae menghasilkan sel sperma (serbuk sari) berflagela yang diwarisi dari nenek moyangnya yang hidup di habitat akuatik. Bandingkan dengan tumbuhan lumut dan paku. Megaspora dibentuk di dalam megasporangium, kemudian berkecambah membentuk gametofit betina. Megasporangium dan gametofit betina ini disebut bakal biji. Jika terjadi pembuahan, akan terbentuk embrio yang dilapisi kulit biji. Biji yang dihasilkan biasanya mengalami masa istirahat sebelum berkecambah membentuk tumbuhan baru.

Gymnospermae meliputi beberapa kelompok tumbuhan purba yang telah punah dan kelompok yang masih bertahan hidup hingga sekarang. Gymnospermae purba misalnya Pteridospermae (tumbuhan seperti paku tetapi menghasilkan biji), Bnnetittales, dan Cordaitales. Gymnospermae yang masih hidup sampai saat ini meliputi berbagai tumbuhan yang dikelompokkan menjadi 4 divisi yaitu Cycadophyta, Ginkgophyta, Pinophyta, dan Gnetophyta.



Gambar 7.15 Biji tumbuhan Gymnospermae tidak tertutup oleh daun buah.

Sumber: www.wikipedia.com



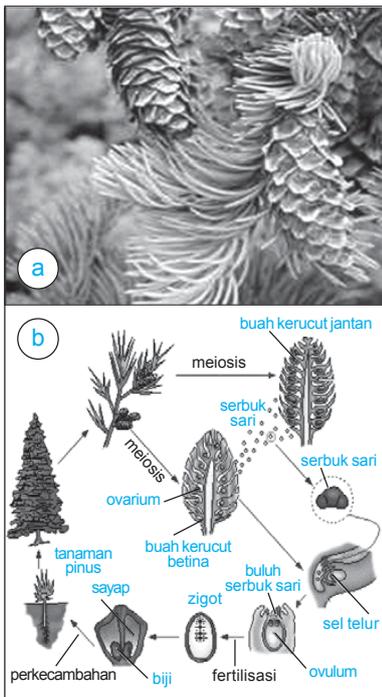
Gambar 7.16 *Cycas revoluta*, salah satu jenis Cycadophyta.

Sumber: www.wikipedia.com



Gambar 7.17 Biji tumbuhan *Ginkgo biloba*.

Sumber: www.wikipedia.com



Gambar 7.18 (a) Biji pohon pinus dan (b) daur hidup pinus.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

a. Cycadophyta

Terdiri dari sekitar 185 spesies. Batangnya tidak bercabang, daun-daun majemuk tersusun sebagai tajuk di pucuk batang yang memanjang. Habitus (perawakan) menyerupai pohon palem. Beberapa jenis memiliki pohon amat pendek, jenis yang lain dapat mencapai tinggi 9 meter, tetapi kebanyakan tingginya sekitar 2 meter. Semua anggota Cycadophyta berumah dua. Strobilus yang dihasilkan berukuran besar namun rata-rata reproduksinya rendah. Penyerbukan sering dibantu oleh serangga yang tertarik dengan aroma yang dihasilkan strobilus jantan dan betina. Beberapa jenis ditanam sebagai tanaman hias. Contoh: *Zamia* sp. dan *Cycas rumphii* (pakis haji).

b. Ginkgophyta

Kelompok tumbuhan ini hanya diwakili oleh satu jenis yang masih hidup yaitu *Ginkgo biloba*. Tumbuhan asli daratan Cina ini merupakan tumbuhan purba yang berhasil bertahan hidup hingga saat ini. Tumbuhan ini dibudidayakan sebagai peneduh atau tanaman hias dan sebagai bahan obat-obatan. Orang Cina memanfaatkan tanaman *Ginkgo* sebagai obat bronchitis dan asma sejak ribuan tahun yang lalu. Pohon *Ginkgo biloba* berukuran besar, dapat mencapai tinggi 30 meter. Daunnya melebar seperti kipas dengan belahan yang seolah-olah membagi daun menjadi dua bagian. Tumbuhan *Ginkgo* berumah dua, yaitu serbuk sari dan bakal biji dihasilkan oleh dua tumbuhan. Biji yang dihasilkan sebesar kelereng, keras, berwarna kekuningan, dan berbau tidak enak.

c. Pinophyta

Pinophyta merupakan kelompok tumbuhan konifer (berdaun jarum), semuanya mempunyai habitus sebagai semak dan pohon. Kelompok ini terdiri dari sekitar 550 spesies yang diklasifikasikan menjadi tujuh famili, yang paling terkenal adalah Pinaceae (kelompok tumbuhan pinus). Pinophyta mempunyai dua jenis strobilus yang berbentuk kerucut, yaitu strobilus jantan menghasilkan serbuk sari dan strobilus betina menghasilkan bakal biji. Strobilus jantan berbentuk tunggal atau merupakan kumpulan beberapa strobilus, mula-mula berukuran kecil, kemudian mekar selama beberapa hari dan segera layu dan gugur setelah serbuk sari tersebar. Strobilus betina berkayu, ukurannya bervariasi dari 1 cm hingga 60 cm. Pada genus *Juniperus* dan *Taxus*, strobilus betina mengalami modifikasi hingga menyerupai buah buni. Beberapa tumbuhan konifer berumah satu, namun banyak pula yang berumah dua. Tumbuhan konifer dimanfaatkan sebagai tanaman hias, penghasil resin, sumber bahan bangunan, bahan baku kertas, batang korek api, dan lain-lain. Contoh: *Pinus merkusii* (pinus), *Cupressus*, *Araucaria*, *Agathis alba* (damar), *Abies balsama* (balsam), *Sequoia*, *Juniperus*, dan *Taxus*.

d. Gnetophyta

Kelompok tumbuhan Gnetophyta mempunyai strobilus jantan yang tersusun majemuk, daun-daun berhadapan atau berlingkar, dan tidak mempunyai saluran resin. Gnetophyta terdiri dari dua kelas yaitu Ephedraceae dan Gnetaceae. Ephedraceae merupakan semak dengan tinggi sekitar 2 meter yang tumbuh tegak, menjalar, atau merambat dengan percabangan yang banyak. Kebanyakan hidup di daerah tropis dan subtropis di belahan bumi utara, umumnya ditanam sebagai tanaman hias. Contoh *Ephedra* sp dan *Welwitschia* sp. Gnetaceae mempunyai anggota satu genus saja yaitu *Gnetum* yang jenis-jenisnya banyak ditemukan di Indonesia. Ciri khas Gnetaceae adalah tumbuhan berumah dua, strobilus jantan dan betina tersusun berlingkar dalam bentuk bulir. Benang sari tersusun dalam spiral, jumlahnya banyak, dan terdapat di bawah lingkaran bakal biji yang mandul. Strobilus betina mempunyai bakal biji tersusun dalam lingkaran, bakal biji yang fertil dibungkus oleh dua lapis integumen. Contoh *Gnetum gnemon* (melinjo), *G. latifolium*, *G. macrostachium*, dan *G. cuspidatum*.

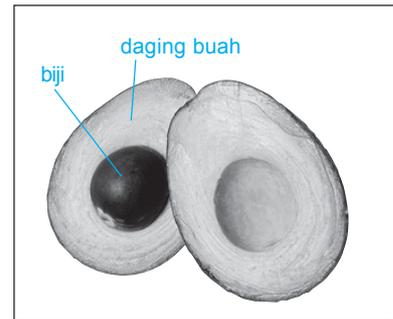
2. Tumbuhan Biji Tertutup (Angiospermae)

Semua tumbuhan berbiji tertutup termasuk dalam divisi Magnoliophyta. Bakal biji tumbuhan Angiospermae terletak di dalam daun buah, sehingga tidak kelihatan dari luar. Tumbuhan yang sering kamu temui saat ini sebagian besar termasuk dalam Angiospermae yang meliputi sekitar 235.000 spesies tumbuhan berbunga. Sebagian besar makanan yang kamu konsumsi juga berasal dari tumbuhan ini yang dapat berupa akar misalnya wortel, kangkung, bit, buah-buahan seperti apel, mangga, pisang, pepaya, serta biji-bijian dari kelompok tumbuhan Leguminosae dan Graminae.

Divisi Magnoliophyta dibagi menjadi dua kelas berdasarkan jumlah kotiledonnya, yaitu Liliopsida (monokotil) dan Magnoliopsida (dikotil). Liliopsida meliputi sekitar 65.000 spesies, termasuk di dalamnya tumbuhan padi-padian, anggrek, palem, bambu dan lain-lain. Daun, batang, bunga dan akarnya bersifat spesifik. Sebagian besar Liliopsida memiliki pertulangan daun sejajar, batang dengan berkas pembuluh tersebar, bagian bunga bunga berjumlah 3 atau kelipatannya, dan memiliki akar serabut. Ciri-ciri tumbuhan Magnoliopsida (dikotil) adalah memiliki 2 kotiledon pada biji, tulang daun menjari, berkas pembuluh pada batang tersusun melingkar, daun mahkota bunga 4, 5 atau kelipatannya, dan memiliki sistem perakaran tunggang.

a. Magnoliopsida

Tumbuhan Magnoliopsida berakar tunggang dan tulang daunnya menyirip atau menjari. Batang bercabang-cabang, berkambium, tidak beruas-ruas, bagian bunga berjumlah



Gambar 7.19 Biji tumbuhan Angiospermae terletak di dalam daun buah.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 7.20 Bunga cempaka (*Michelia champaca*) salah satu jenis Magnoliaceae.

Sumber: www.wikipedia.com

2, 4, 5, atau kelipatannya. Magnoliopsida merupakan tumbuhan dikotil yang memiliki biji berkeping dua. Beberapa familia dari Magnoliopsida adalah sebagai berikut.

1) Magnoliaceae

Beranggotakan jenis-jenis yang relatif primitif, yang mampu bertahan hidup dari zaman dahulu. Beranggotakan sekitar 100 spesies dalam 10 genus. Beberapa jenis dipelihara sebagai tanaman hias, contoh *Magnolia grandiflora* (cempaka putih), *Michelia champaca* (cempaka kuning-jingga), *Michelia figo*, dan *Liriodendron*.

2) Cruciferae

Tumbuhan familia ini beranggotakan sekitar 300 jenis yang tersebar luas di seluruh dunia, merupakan herba semusim, dua musim, atau tahunan. Banyak ditanam sebagai tanaman hias, sayuran, dan obat. Contoh: *Brassica oleracea* (kubis), *Brasica rugosa* (sawi), *Raphanus sativus* (lobak), *Iberis umbellate* (tanaman hias), *Nasturtium indicum* (tempuyung untuk bahan obat), dan *Nasturtium officinalis* (selada air).

3) Compositae

Compositae merupakan familia terbesar dari tumbuhan bunga, yaitu memiliki sekitar 20.000 jenis yang kebanyakan berupa herba semusim atau tahunan. Bunganya kecil dan sangat rapat, berkelompok membentuk kepala yang padat. Mungkin kamu akan mengira sebagai bunga tunggal. Contoh *Ageratum conyzoides* (babandotan), *Lactuca sativa* (selada), *Sonchus arvensis*, *Chrysanthemum* (krisan), berbagai tanaman hias bunga seperti dahlia, aster, gerbera, dan *Zinnia* sp. (kembang kertas).

4) Leguminosae

Familia Leguminosae merupakan salah satu familia yang terbesar, mencakup 500 genus dan lebih dari 12.000 jenis. Tumbuhan ini dapat berupa herba, semak, liana, dan pohon yang hidup di berbagai lingkungan. Ciri khasnya adalah mempunyai bunga yang berbentuk kupu-kupu dan buahnya berbentuk polong sehingga sering disebut tumbuhan polong-polongan. Umumnya ditanam sebagai sumber pangan, tanaman hias, sumber kayu, dan ada yang dimanfaatkan kandungan biji atau resinnya. Beberapa jenis hidup sebagai gulma. Contoh: *Caesalpinia pulcherrima* (kembang merak), *Bauhinia purpurea*, *Calliandra brevipes* (kaliandra), *Casia alata*, *Leucanea glauca* (kemlandingan), *Parkia speciosa* (petai), *Tamarindus indica* (asam), *Phaseolus radiatus* (kacang hijau), *Arachis hypogaea* (kacang tanah), dan *Glycine max* (kedelai).



Gambar 7.22 *Tamarindus indica* (asam), termasuk dalam familia Leguminosae.

Sumber: *Indonesian Heritage Tumbuhan*, 2002

5) Solanaceae

Familia ini beranggotakan sekitar 2.000 jenis, ada yang berupa pohon, perdu, dan herba. Bunganya berbentuk terompet, banyak di antaranya merupakan tanaman budidaya yang penting. Contoh: *Solanum tuberosum*

(kentang), *Lycopersicon esculentum* (tomat), *Capsicum frutescens* (cabe), *Nicotiana tabacum* (tembakau), *Datura fastuosa* (kecubung), dan *Atropa belladonna* (akar dan daunnya bahan obat atropin).

6) Rosaceae

Terdiri dari sekitar 300 jenis. Struktur bunganya sangat beragam, memiliki kelopak dan mahkota berjumlah lima dengan banyak sekali benang sari. Semua bagian bunga menempel pada tepi tabung bunga. Banyak ditanam untuk menghasilkan buah dan sebagai tanaman hias. Contoh *Rosa hybrida* (mawar), *Malus sylvestris* (apel), *Fragraria chilensis* (arbei), *Prunus armeniaca* (apricot), *Prunus persica* (peach), *Prunus amygdalus* (almond), *Pyrus communis* (pir), dan berbagai jenis *Rubus*.



Gambar 7.22 Bunga mawar (*Rosa hybrida*) salah satu jenis Rosaceae.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Tugas 7.3

1. Carilah salah satu jenis tumbuhan Magnoliopsida yang ada di sekitar rumah atau sekolahmu, kemudian amatilah struktur akar, batang, daun, bunga, dan bijinya. Bagaimanakah ciri-ciri tumbuhan dikotil?
2. Carilah informasi pemanfaatan tumbuhan Magnoliopsida beserta contoh tumbuhannya.

b. Liliopsida

Kelompok tumbuhan Liliopsida mempunyai akar serabut dan tulang daunnya sejajar atau melengkung. Batangnya tidak berkambium, tidak bercabang-cabang, tetapi beruas-ruas. Bagian bunga berjumlah tiga atau kelipatannya. Semua Liliopsida merupakan tumbuhan monokotil yang memiliki biji berkeping satu, mencakup sekitar 50.000 jenis yang dikelompokkan menjadi 40 famili. Beberapa jenis mempunyai habitus pohon, namun kebanyakan berupa herba semusim atau tahunan. Batangnya bercabang sedikit atau tidak sama sekali. Daunnya memiliki pelepah pada pangkalnya, kebanyakan berupa daun tunggal dengan tulang daun yang sejajar atau melengkung. Jaringan pembuluh tersusun dalam berkas yang tersebar dalam jaringan empulur. Batangnya tidak mempunyai kambium sehingga hanya terjadi pertumbuhan oleh jaringan primer. Bunga Liliopsida mempunyai bagian bunga dengan jumlah kelipatan 3.



Gambar 7.23 Beberapa perbedaan ciri-ciri tumbuhan monokotil dan dikotil.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2006

1) Liliaceae

Terdiri dari sekitar 3.000 jenis. Bunganya terdiri dari enam bagian hiasan bunga. Contohnya adalah *Lilium longiflorum* (bunga leli), *Asparagus officinalis* (asparagus), *Gloriosa superba* (kembang sunsang), *Tulipa sylvestris* (bunga tulip), *Allium cepa* (bawang merah), *Allium sativum* (bawang putih), dan *Agave sisalana* (tanaman sisal, menghasilkan serat).

2) Palmae

Terdapat ribuan jenis yang menjadi tanaman penting bagi umat manusia. Kebanyakan hidup berupa pohon di daerah tropis dan subtropis. Tumbuhan palma merupakan sumber makanan (contoh kelapa atau *Cocos nucifera*, kurma atau *Phoenix*), sumber kayu, serat untuk pakaian, daun untuk atap rumah, penghasil minyak, malam, tepung sagu, sebagai tanaman hias, dan lainnya. Coba kamu sebutkan jenis-jenis yang termasuk familia Palmae yang kamu ketahui.

3) Gramineae

Tercatat sekitar 7.000 jenis yang tersebar di seluruh bagian Bumi dan tumbuh di berbagai macam iklim dari daerah tropis hingga kutub. Banyak dari Gramineae yang berkayu (misalnya bambu), namun sebagian besar merupakan herba semusim atau tahunan. Daunnya sempit memanjang, pangkal daun membungkus batang, dan sering kali batangnya berongga dan beruas-ruas. Bunga Gramineae sangat kecil dan bergerombol dalam bulir. Kamu tentu sudah mengenal jenis-jenis tumbuhan ini beserta manfaatnya, coba sebutkan.

4) Orchidaceae

Familia ini sangat besar, meliputi sekitar 17.500 jenis yang sangat beragam, namun semuanya merupakan herba tahunan yang tersebar di daerah tropis dan subtropis. Ada yang tumbuh sebagai epifit dan ada yang hidup di tanah, beberapa jenis merupakan parasit karena tidak mempunyai klorofil. Banyak jenis tumbuhan ini yang dibudidayakan sebagai pewangi (misalnya vanili), namun kebanyakan ditanam sebagai tanaman hias.



Gambar 7.24 Anggrek *Phalaenopsis* mempunyai bunga yang indah dan tahan lama.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Tugas 7.4

1. Carilah salah satu jenis tumbuhan Liliopsida yang ada di sekitar rumah atau sekolahmu, kemudian amatilah bentuk akar, batang, daun, bunga, dan bijinya. Diskusikan dengan kelompokmu untuk membahas ciri-ciri tumbuhan dikotil.
2. Sebutkan jenis-jenis Liliopsida yang bermanfaat bagi manusia beserta pemanfaatannya.

Rangkuman

- Regnum plantae meliputi berbagai jenis tumbuhan yang mempunyai ciri selnya eukariotik, multiseluler, selnya berdinding dari selulosa, dan mempunyai klorofil sehingga bersifat fotoautotrof.
- Tumbuhan dibedakan menjadi dua kelompok berdasarkan ada tidaknya jaringan pembuluh yaitu Atracheophyta dan Tracheophyta. Atracheophyta meliputi berbagai jenis lumut, sedangkan Tracheophyta meliputi berbagai jenis paku dan tumbuhan berbiji (spermatophyta).
- Tumbuhan lumut umumnya berukuran kecil, tidak menghasilkan bunga atau biji, akar berupa rizoid, tidak mempunyai sistem pembuluh, mengalami pergiliran keturunan antara fase gametofit dan sporofit. Fase gametofit dominan dan fase sporofit berumur pendek, tergantung pada gametofit, dan menghasilkan spora sebagai alat perkembangbiakan. Tumbuhan lumut meliputi tiga divisi, yaitu Hepatophyta, Bryophyta dan Antocerophyta.
- Tumbuhan paku bentuk dan ukurannya bervariasi, tidak menghasilkan bunga maupun biji, dan telah mempunyai sistem pembuluh. Paku mengalami pergiliran antara fase gametofit dan sporatif. Fase gametofit hidup bebas dan fase sporofit membentuk spora pada daun sehingga terdapat dua jenis daun yaitu tropofil dan sporofil. Meliputi empat divisi yaitu Psilodophyta, Lycopophyta, Equisetophyta, dan Pteridophyta.
- Tumbuhan berbiji mempunyai sistem pembuluh yang jelas dan menghasilkan biji sebagai alat perkembangbiakan. Berdasarkan letak bakal bijinya tumbuhan berbiji dibedakan menjadi dua yaitu tumbuhan biji terbuka dan tumbuhan biji tertutup.
- Tumbuhan biji terbuka (Gymnospermae) bakal bijinya tidak dilindungi oleh daun buah, meliputi empat divisi yaitu Pinophyta, Cycadophyta, Ginkgophyta, Gnetophyta.
- Tumbuhan biji tertutup (Angiospermae) bakal bijinya terletak di dalam daun buah, meliputi dua divisi yaitu Liliopsida dan Magnoliopsida. Liliopsida meliputi berbagai tumbuhan monokotil sedangkan Magnoliopsida meliputi berbagai tumbuhan dikotil.

Latihan 5

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Tumbuhan paku yang menghasilkan dua jenis spora yang berbeda disebut paku
 - a. homospor
 - b. heterospor
 - c. peralihan
 - d. ekor kuda
 - e. sarang burung
2. Pada lumut, sel telur yang telah dibuahi akan tumbuh menjadi
 - a. protonema
 - b. anteridium
 - c. arkegonium
 - d. protalium
 - e. sporogonium
3. Generasi gametofit pada tumbuhan lumut adalah
 - a. sporogonium
 - b. sporangium
 - c. anteridium
 - d. protonema
 - e. protalium
4. *Spagnum* dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari sebagai
 - a. makanan ternak
 - b. makanan
 - c. menghancurkan batu
 - d. membentuk tanah
 - e. pengganti kapas

5. Tutup kotak spora pada sporangium tumbuhan lumut disebut
 - a. kuncup
 - b. operkulum
 - c. kaliptra
 - d. sporangiofor
 - e. gigi periston
6. Perhatikan ciri-ciri tumbuhan berikut ini.
 - (1) Tumbuhan hijau.
 - (2) Bentuk pipih dan memiliki rhizoid.
 - (3) Melekat di tanah.
 - (4) Habitat tempat lembap.
 Dari ciri-ciri di atas dapat diduga bahwa tumbuhan tersebut adalah
 - a. lumut daun
 - b. lumut *Marchantia*
 - c. ganggang hijau
 - d. rumput
 - e. tanaman paku
7. Kormofita berspora meliputi tumbuhan yang tergolong
 - a. Psilophyta - Pteridophyta
 - b. Monokotil - Dikotil
 - c. Anthophyta - Bryophyta
 - d. Spermatophyta - Anthophyta
 - e. Spermatophyta - Pteridophyta
8. Berikut ini yang termasuk lumut hati adalah
 - a. *Pogonatum cirrhatum*
 - b. *Aerobiyopsis longisima*
 - c. *Anthoceros laevis*
 - d. *Sphagnum squarosum*
 - e. *Psilotum nudum*
9. Berikut ini yang **bukan** ciri tumbuhan lumut adalah
 - a. multiseluler
 - b. reproduksi dengan spora
 - c. heterotrof
 - d. yang menonjol gemetofitnya
 - e. gametofit dan sporofit tetap menjadi satu
10. Berikut ini yang termasuk tumbuhan paku heterospor adalah
 - a. semanggi
 - b. paku tiang
 - c. paku ekor kuda
 - d. paku kawat
 - e. paku sarang burung

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Sebutkan tiga kelompok utama tumbuhan Bryophyta.
2. Buatlah skema siklus hidup tumbuhan lumut.
3. Buatlah skema siklus hidup tanaman paku heterospor.
4. Jelaskan daur hidup tanaman Gymnospermae.
5. Jelaskan ciri-ciri yang membedakan kelompok tanaman Liliopsida dan Magnoliopsida.

Wacana

Tumbuhan dan Kehidupan di Bumi

Kamu pasti tahu bahwa matahari merupakan sumber energi utama di Bumi. Tumbuhan hijau mengubah energi matahari dalam proses fotosintesis menjadi senyawa organik berenergi yang dapat digunakan oleh semua makhluk hidup di Bumi. Energi matahari secara langsung hanya bermanfaat untuk meningkatkan suhu, penerangan, pengeringan, dan sumber listrik. Tumbuhan juga menghasilkan oksigen yang diperlukan oleh semua makhluk hidup aerobik.

Diskusikan dengan temanmu, bahwa tumbuhan merupakan unsur penting dalam kelestarian kehidupan di Bumi. Tunjukkan bahwa hampir semua sumber energi di Bumi berasal dari energi matahari melalui jasa tumbuh-tumbuhan.

BAB

VIII

Kingdom Animalia

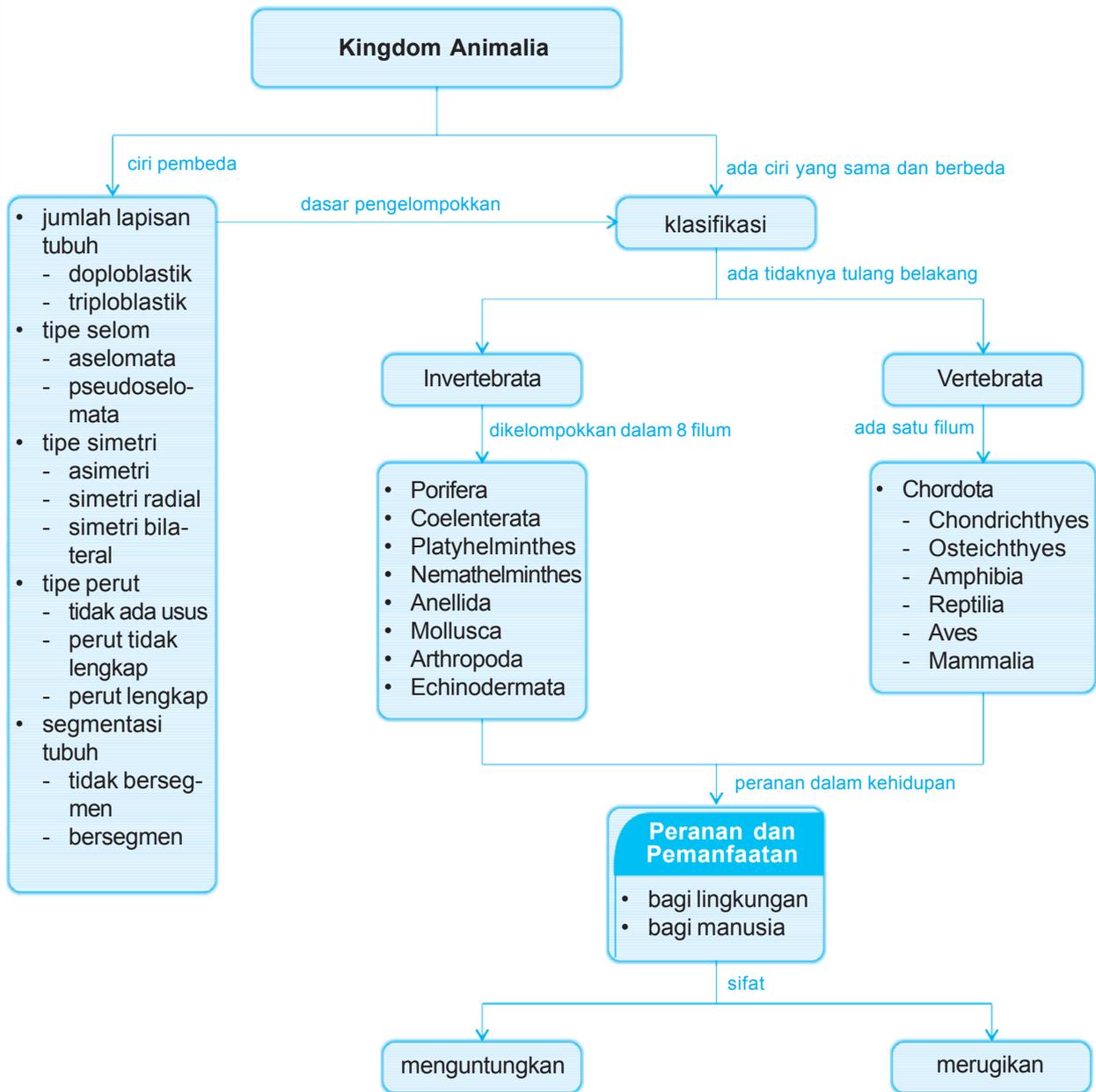
Pada bab ini kamu akan mempelajari ciri-ciri divisi pada kingdom Animalia dan peranannya dalam kehidupan. Setelah mempelajari bab ini diharapkan kamu dapat mengemukakan ciri-ciri kingdom Animalia dan mengomunikasikan peranannya dalam kehidupan.

Kata kunci:

hewan, selom, simetris, invertebrata, vertebrata, metamorfosis, notokord



Peta Konsep



T ahukah kamu, ada berapa jenis hewan yang hidup di Bumi ini? Jenis hewan sangat banyak dan mempunyai kemampuan adaptasi yang sangat baik sehingga dapat ditemukan hampir di semua jenis ekosistem. Dalam klasifikasi hewan dikelompokkan dalam kingdom Animalia. Bagaimanakah ciri-ciri hewan dalam kingdom Animalia? Bagaimana cara hidup dan berkembang biak? Apakah semua jenis hewan bersifat menguntungkan?

Kingdom Animalia meliputi berbagai jenis hewan yang mempunyai ciri, bentuk, ukuran, dan struktur tubuh yang sangat beragam. Hewan mempunyai kemampuan untuk bergerak aktif mencari makan, menghindari predator, atau untuk berkembang biak. Dengan kemampuan ini hewan dapat beradaptasi hampir di semua tempat di Bumi. Saat ini diketahui ada sekitar 9.812.298 jenis hewan dan baru 1.326.239 jenis yang telah diberi nama.

A Ciri-Ciri Kingdom Animalia

Semua hewan dalam kingdom Animalia mempunyai sel yang bersifat eukariotik, multiseluler, tidak ber dinding sel, dan tidak berklorofil. Sel-sel tubuh telah terdiferensiasi secara jelas membentuk jaringan-jaringan. Hewan dapat bergerak aktif seumur hidup atau hanya dalam periode tertentu dalam siklus hidupnya. Hewan bersifat heterotrof dan mencerna makanan dalam sistem pencernaan. Adanya jaringan-jaringan yang berkembang dengan baik membuat hewan lebih leluasa dalam mencari makan atau mengarahkan makanan agar mendekat. Hewan juga mempunyai sistem saraf dan indra yang berkembang dengan baik yang membantu berinteraksi dengan lingkungan dan menanggapi rangsangan dari lingkungan.

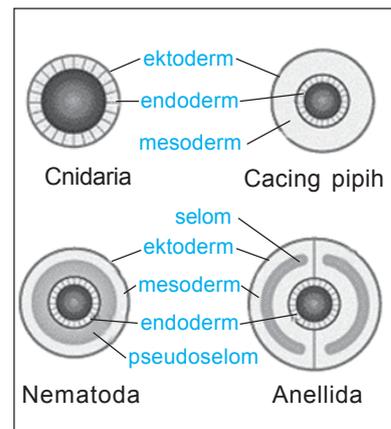
Hampir semua jenis hewan pola pertumbuhannya terbatas dan mempunyai bentuk dan ukuran yang sempurna ketika telah dewasa. Sebagian besar hewan bereproduksi secara seksual dengan membentuk embrio yang melalui tahap blastula. Berikut ini beberapa struktur tubuh yang digunakan untuk mengklasifikasikan hewan.

1. Lapisan Jaringan

Semua jenis hewan bermula dari zigot yang aktif melakukan pembelahan sel membentuk morula, blastula, gastrula, dan seterusnya. Pada tahap tertentu, kumpulan sel-sel itu berkembang dan meleku ke dalam membentuk struktur seperti kantong yang berlapis-lapis. Hewan yang sederhana hanya membentuk dua lapisan tubuh yaitu ektoderm dan endoderm. Hewan yang memiliki dua lapisan tubuh ini disebut hewan *diploblastik*, misalnya pada filum Porifera dan Coelenterata. Pada kelompok hewan yang lain sel-sel pada zigot berkembang lebih kompleks dan membentuk tiga lapisan tubuh yaitu ektoderm, mesoderm, dan endoderm. Hewan yang mempunyai tiga lapisan tubuh ini disebut hewan *triploblastik*.

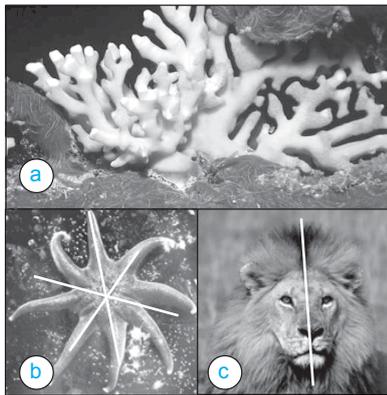
2. Tipe Selom

Selom (*coelom*) berasal dari bahasa Yunani *coiloma* yang berarti rongga tubuh. Berdasarkan keadaan selom, hewan dibedakan menjadi aselomata, pseudoselomata, dan euselomata. Hewan yang sederhana biasanya tidak mempunyai rongga tubuh atau selom dan disebut *aselomata*. Hewan aselomata biasanya tidak mempunyai sistem sirkulasi dan tidak



Gambar 8.1 Berbagai tipe lapisan jaringan pada hewan.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.2 Simetri pada tubuh hewan: (a) asimetri, (b) simetri radial, (c) simetri bilateral.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

mempunyai anus, contohnya adalah Platyhelminthes. Hewan *euselomata* mempunyai selom berupa rongga pada mesoderm yang dilapisi jaringan epitel. Pada beberapa jenis hewan terdapat rongga pada mesoderm yang tidak dilapisi jaringan epitel yang disebut selom semu. Hewan yang mempunyai selom semu disebut *pseudoselomata*.

3. Simetri

Simetri yang membagi tubuh hewan dibedakan menjadi tiga macam yaitu asimetri, simetri radial, dan simetri bilateral. Hewan asimetri berarti tidak mempunyai kesetangkupan, misalnya Porifera. Hewan yang mempunyai simetri radial biasanya merupakan hewan diploblastik dan cenderung hidup melekat pada substrat atau dapat bergerak ke semua arah. Hewan yang mempunyai simetri bilateral biasanya hewan triploblastik dan telah mengembangkan alat gerak aktif dan bergerak menuju ke satu arah.

4. Perut

Hewan yang paling sederhana misalnya koral/binatang karang mempunyai rongga internal yang berfungsi untuk mencerna makanan, tetapi rongga ini tidak berhubungan dengan mulut dan anus. Meskipun hewan karang telah mempunyai jaringan, tetapi jaringan ini tidak membentuk organ. Hewan ini juga tidak mempunyai sistem saraf dan tidak mempunyai simetri. Hewan yang lebih maju misalnya ubur-ubur telah mempunyai usus yang terhubung dengan mulut tetapi tidak mempunyai anus. Hewan ini telah mempunyai sistem saraf meskipun tidak mempunyai sistem saraf pusat dan tubuhnya mempunyai simetri radial. Hewan yang tingkatannya lebih tinggi mempunyai usus yang berhubungan dengan mulut dan anus, mempunyai sistem saraf yang berpusat pada otak, dan mempunyai simetri radial atau bilateral.

5. Segmentasi

Beberapa jenis hewan mempunyai segmen dan yang lain tidak. Segmentasi merupakan pengulangan bagian tubuh yang sama, misalnya segmen tubuh cacing tanah dan segmentasi pada ruas-ruas tulang belakang manusia.



Gambar 8.3 Segmentasi tubuh pada cacing tanah tampak jelas.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Tugas 8.1

Jelaskan perbedaan-perbedaan antara sel hewan dan sel tumbuhan.

B Klasifikasi Kingdom Animalia

Hewan dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu Invertebrata dan Vertebrata. Invertebrata meliputi hewan-hewan yang belum mempunyai tulang belakang yaitu terdiri dari filum Porifera, Coelenterata, Platyhelminthes, Nematelminthes,

Annelida, Mollusca, Arthropoda, dan Echinodermata. Vertebrata merupakan hewan yang telah mempunyai tulang belakang yang dimasukkan dalam filum Chordata meliputi Chondrichthyes, Osteichthyes, Amfibia, Reptilia, Aves, dan Mammalia.

1. Filum Porifera

Porifera merupakan hewan bersel banyak (metazoa) yang paling sederhana. Kata Porifera berasal dari bahasa Latin *porus* yang berarti lubang kecil atau pori dan *ferre* yang berarti mempunyai. Jadi, Porifera merupakan hewan yang memiliki pori pada struktur tubuhnya. Sebagian besar Porifera hidup di laut dangkal dan hanya satu suku yang hidup di habitat air tawar yaitu Spongilidae.

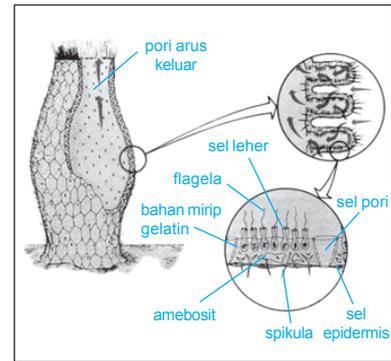
a. Ciri-Ciri Porifera

Bentuk tubuh Porifera menyerupai vas bunga atau piala yang melekat pada dasar perairan. Tubuhnya terdiri dari dua lapisan sel (diploblastik). Lapisan luar (epidermis) tersusun atas sel-sel yang berbentuk pipih disebut *pinakosit*. Pada epidermis terdapat lubang-lubang kecil yang disebut *ostium*, merupakan saluran yang berhubungan dengan rongga tubuh (*spongosol*). Lapisan dalam (endodermis/gastrodermis) tersusun atas sel-sel berflagel yang disebut *koanosit* yang bertugas untuk mencerna makanan. Diantara epidermis dan endodermis terdapat lapisan tengah berupa bahan gelatin yang disebut *mesoglea* atau *mesenkim*. Di dalam mesoglea terdapat beberapa jenis sel, yaitu sel amubosit, sel skleroblas, dan sel arkeosit.

Sel amubosit atau amuboid yang berfungsi untuk mengedarkan makanan yang dicerna di dalam koanosit. Sel skleroblas berfungsi untuk membentuk duri (*spikula*) dan spongin. Spikula terbuat dari kalsium karbonat atau silikat, sedangkan spongin tersusun dari serabut-serabut spongin yang lunak dan berongga seperti spon. Sel arkeosit berfungsi sebagai sel reproduktif, yaitu membentuk tunas, gamet, dan regenerasi.

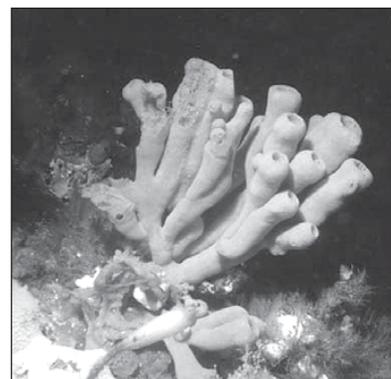
Porifera tidak mempunyai saluran pencernaan. Makanan Porifera berupa bahan-bahan organik dan organisme kecil yang masuk bersama air melalui pori-pori tubuhnya. Makanan ditangkap oleh flagela pada koanosit dan kemudian dicerna secara intraseluler. Zat makanan diedarkan oleh sel-sel amubosit ke sel-sel lainnya, sedangkan sisanya dikeluarkan melalui oskulum bersama sirkulasi air.

Porifera berkembang biak secara aseksual dan seksual. Perkembangbiakan secara aseksual dengan pembentukan tunas (*budding*) yang dapat memisahkan diri dan hidup sebagai individu baru atau tetap menempel pada induknya. Perkembangbiakan secara seksual berlangsung dengan membentuk sel telur dan sperma. Sel telur yang dibuahi sperma akan menghasilkan zigot yang berkembang menjadi larva bersilia. Larva tersebut dapat berenang dan keluar melalui oskulum. Larva kemudian menempel pada tempat yang sesuai dan tumbuh menjadi Porifera baru.



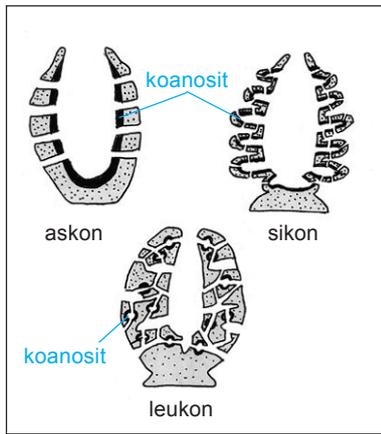
Gambar 8.4 Struktur tubuh Porifera.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Poluler, 2005



Gambar 8.5 Habitat Porifera adalah di laut.

Sumber: www.palaeos.com



Gambar 8.6 Tipe saluran air pada Porifera.

Sumber: www.diejulia.de

Porifera mempunyai sistem saluran air yang dimulai dari pori tubuh, spongosol (rongga tubuh), dan keluar melalui oskulum. Terdapat tiga tipe Porifera berdasarkan tipe saluran airnya yaitu *askon*, *sikon*, dan *ragon* atau *leukon*.

a. Tipe Askon

Tipe askon merupakan sistem saluran air yang paling sederhana. Air masuk melalui pori kemudian menuju ke spongosol dan keluar melalui oskulum. Contohnya pada *Leucosolenia*.

b. Tipe Sikon

Pada tipe ini air masuk melalui pori menuju ke saluran radial yang ber dinding koanosit menuju ke spongosol dan keluar melalui oskulum. Contohnya pada *Scypha*.

c. Tipe Ragon atau Leukon

Tipe ragon merupakan tipe saluran air yang paling rumit. Air masuk melalui pori kemudian memasuki saluran radial yang bercabang-cabang dan saling berhubungan. Sel-sel koanosit terdapat pada rongga yang berbentuk bulat. Air kemudian keluar melalui oskulum. Contohnya pada *Euspongia* dan *Spongila*.

Bahan penyusun kerangka atau spikula pada Porifera bermacam-macam yaitu dari bahan spongin, zat kapur, dan kristal silikat. Berdasarkan atas kerangka tubuh atau spikulanya, Porifera dibagi menjadi tiga kelas.

a. Kelas Calcarea

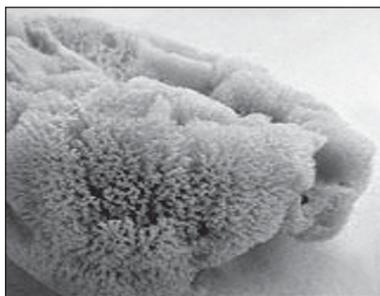
Calcarea mempunyai kerangka tubuh berupa spikula seperti duri-duri kecil yang terbentuk dari kalsium karbonat. Biasanya bentuknya sederhana dengan koanositnya yang relatif besar dan hidup di pantai dangkal. Misalnya *Sycon*, *Clatharina*, *Scypha*, *Grantia*, dan *Leucosolenia*.

b. Kelas Hexatinellida

Hexatinellida mempunyai kerangka berupa spikula yang mengandung silikat atau kersik (SiO_2). Biasanya tubuh berbentuk silinder atau corong. Misalnya *Euplectella*, *Pheronema*, dan *Hyalonema*.

c. Kelas Demospongia

Kerangka tubuh Demospongia terbuat dari spongin atau campuran spongin dengan zat kersik. Umumnya hidup di laut, namun beberapa jenis hidup di air tawar. Misalnya *Euspongia*, *Cliona*, *Microciona*, dan *Spongilla*. Demospongia sering dimanfaatkan sebagai spons untuk mandi dan pembersih kaca.



Gambar 8.7 Rangka Demospongia (spons) yang sering digunakan sebagai pembersih kaca.

Sumber: ucf.tekkom.net

Tugas 8.2

Jelaskan cara Porifera menangkap makanan dan mencernanya.

2. Filum Coelenterata

Coelenterata berasal dari *coilos* (rongga) dan *eteron* (usus), jadi Coelenterata berarti hewan berongga usus. Coelenterata umumnya hidup di laut, kecuali beberapa jenis dari Hydrozoa yang hidup di air tawar. Tubuh Coelenterata bersifat diploblastik, karena tubuhnya tersusun atas dua lapisan sel, yaitu ektoderm (epiderm) dan gastroderm (endoderm). Di antara kedua lapisan tersebut terdapat lapisan nonseluler yang disebut mesoglea yang merupakan persebaran sel-sel saraf. Pada lapisan ektodermis terdapat sel *knidoblast*. Di dalam knidoblast terdapat nematokist (paling banyak pada tentakel) yang berfungsi untuk melumpuhkan dan mempertahankan diri dari musuhnya. Tubuh Coelenterata mempunyai simetri radial. Coelenterata belum mempunyai alat peredaran darah dan alat ekskresi khusus.

Dalam siklus hidupnya, Coelenterata mempunyai dua bentuk tubuh yang berbeda yaitu Polip dan Medusa.

- a. Polip adalah bentuk kehidupan Coelenterata yang menempel pada substrat. Tubuh berbentuk silindris dan pada bagian atas terdapat mulut yang dikelilingi tentakel sebagai alat untuk menangkap mangsa, alat gerak, dan alat pertahanan. Polip yang membentuk koloni memiliki beberapa macam bentuk (polimorfisme) yang berbeda fungsinya misalnya polip untuk pembiakan menghasilkan medusa (*gonozoid*) dan polip untuk makan disebut *gastrozoid*.
- b. Medusa adalah bentuk kehidupan Coelenterata yang hidup bebas yaitu berupa ubur-ubur seperti payung/parasut atau seperti lonceng yang dapat berenang bebas.

Setiap hewan Coelenterata mempunyai rongga gastrovaskuler. Rongga gastrovaskuler Coelenterata bercabang-cabang yang dipisahkan oleh sekat-sekat namun belum mempunyai anus. Hewan ini dapat melakukan perkembangbiakan secara aseksual dan seksual.

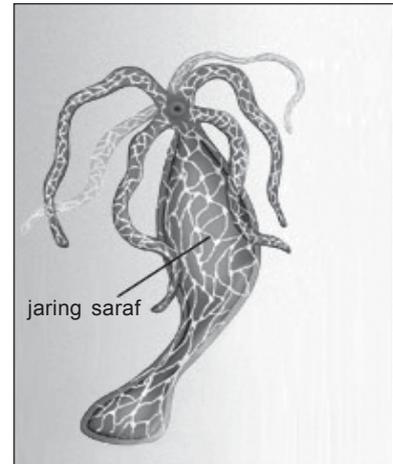
Filum Coelenterata dibagi menjadi 3 kelas yaitu kelas Hydrozoa, Scyphozoa, dan Anthozoa.

a. Kelas Hydrozoa

Hewan dalam kelas Hydrozoa ada yang hidup soliter dan ada yang berkoloni. Hydrozoa yang soliter mempunyai bentuk polip, sedangkan yang berkoloni dengan bentuk polip yang dominan dan beberapa jenis membentuk medusa. Contohnya adalah *Hydra* dan *Obelia*.

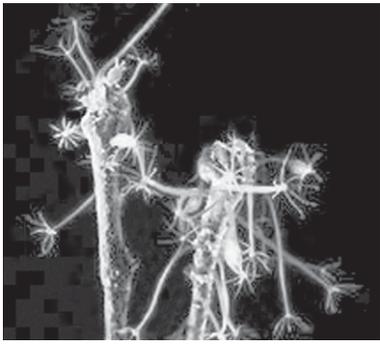
1) Hydra

Hydra berbentuk polip, berukuran antara 10 mm – 30 mm hidup di air tawar dengan melekat pada daun atau batang tanaman air. Makanannya berupa tumbuhan dan hewan kecil. Tubuh bagian bawah membentuk kaki untuk melekat dan bergerak. Pada ujung atas terdapat mulut yang dikelilingi oleh hipostom dan 6 – 10 buah tentakel.



Gambar 8.8 Sistem saraf pada Coelenterata (*Hydra*).

Sumber: *Encyclopedia Britannica*, 2006



Gambar 8.9 *Hydra*, Coelenterata yang hidup di air tawar.

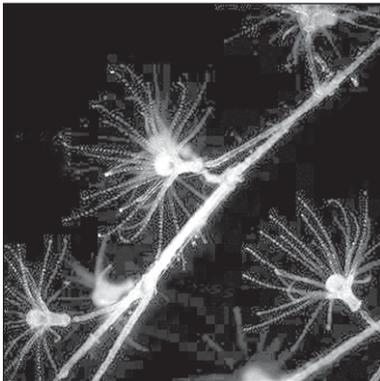
Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Tentakel berfungsi sebagai alat untuk menangkap makanan dan selanjutnya makanan dicerna di dalam rongga gastrovaskuler. *Hydra* berkembang biak secara aseksual dan seksual. Perkembangbiakan secara aseksual dengan membentuk kuncup atau tunas pada sisi tubuhnya. Tunas yang telah memiliki epidermis, mesoglea, dan rongga gastrovaskuler dapat melepaskan diri dan tumbuh menjadi individu baru. Perkembangbiakan secara seksual terjadi melalui peleburan sel telur (dari ovarium) dengan sperma (dari testis). Hasil peleburan membentuk zigot yang dapat membentuk kista. Kista dapat berenang bebas dan di tempat yang sesuai akan melekat di dasar perairan. Jika menemukan lingkungan yang baik, inti kista pecah dan embrio tumbuh menjadi *Hydra* baru.

2) *Obelia*

Obelia berbentuk polip dan medusa yang hidup di laut. *Obelia* yang hidup berkoloni di laut dangkal membentuk polip yang melekat di batu karang. Polip pada *Obelia* dibedakan menjadi dua jenis polip yaitu *hidran* yang bertugas mengambil dan mencernakan makanan dan *gonangium* yang bertugas melakukan perkembangbiakan aseksual. *Obelia* mengalami pergiliran keturunan (metagenesis) antara keturunan seksual dengan keturunan aseksual. Perkembangbiakan secara aseksual dilakukan oleh *gonangium*. Pada *gonangium* terbentuk tunas yang dapat memisahkan diri dan berkembang menjadi medusa muda yang dapat berenang bebas. Medusa muda kemudian berkembang menjadi medusa dewasa.

Medusa dewasa mempunyai dua alat kelamin (hermafrodit) yang menghasilkan sel telur dan sperma. Pembuahan terjadi secara eksternal di luar tubuh dan membentuk zigot. Zigot akan berkembang menjadi larva bersilia disebut *planula*. Pada tempat yang sesuai *planula* akan merekatkan diri menjadi polip muda kemudian tumbuh menjadi *Obelia*. Selanjutnya *Obelia* membentuk tunas sehingga terbentuk koloni *Obelia* yang baru.



Gambar 8.10 Koloni *Obelia*.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

b. Kelas Scyphozoa

Scyphozoa berasal dari bahasa Yunani *scyphos* (mangkuk) dan *zoon* (binatang) karena bentuk tubuhnya yang menyerupai mangkuk atau cawan transparan, sehingga sering disebut ubur-ubur mangkuk. Permukaan tubuh bagian bawah terdapat rongga mulut yang dikelilingi empat tentakel. Mulut ini berhubungan dengan rongga pencernaan. Pencernaan pada Scyphozoa terjadi secara ekstraseluler. Scyphozoa telah memiliki beberapa indra sederhana misalnya *tentakel* sebagai alat keseimbangan, *oselus* untuk membedakan gelap dan terang, dan *celah olfaktoris* merupakan indra pembau. Namun demikian Scyphozoa belum mempunyai alat respirasi dan ekskresi khusus. Contohnya adalah *Aurellia aurita*, berupa medusa dengan tepi berlekuk-lekuk yang banyak

ditemukan di daerah pantai. *Aurellia* juga mengalami pergiliran keturunan seksual dan aseksual. *Aurellia* memiliki alat kelamin yang terpisah pada individu jantan dan betina. Pembuahan terjadi secara internal di dalam tubuh betina. Zigot yang terbentuk berkembang menjadi larva bersilia disebut *planula*. Planula akan berenang dan menempel pada tempat yang sesuai kemudian tumbuh menjadi polip muda yang disebut *skifistoma*. Skifistoma membentuk tunas-tunas lateral sehingga tampak seperti tumpukan piring yang disebut *strobilasi*. Kuncup dewasa paling atas akan melepaskan diri dan menjadi medusa muda disebut *efira*. Selanjutnya efira berkembang menjadi medusa dewasa.

c. Kelas Anthozoa

Anthozoa berasal dari bahasa Yunani *anthos* (bunga) dan *zoon* (binatang) jadi Anthozoa berarti hewan yang bentuknya seperti bunga atau hewan bunga. Selama hidupnya Anthozoa berbentuk polip yang hidup melekat di dasar laut dangkal. Kelas Anthozoa meliputi mawar laut dan koral.

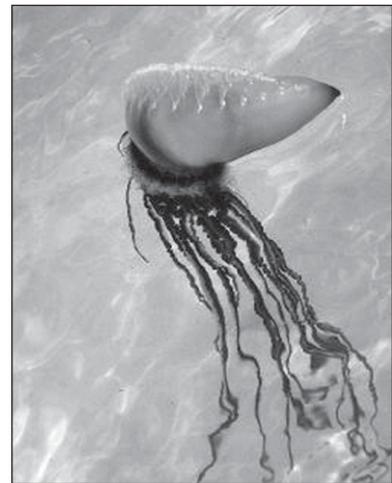
1) Mawar Laut (Anemon Laut)

Mawar laut menempel pada dasar perairan menggunakan bagian tubuh yang disebut cakram kaki. Permukaan atas terdapat mulut yang dikelilingi banyak tentakel berukuran pendek yang tersusun seperti mahkota bunga. Tentakel ini berfungsi untuk mencegah agar pasir dan kotoran lain tidak melekat sehingga tubuhnya tetap bersih. Mawar laut mempunyai sistem saraf difus yang tidak memiliki sistem saraf pusat.

2) Koral (Karang)

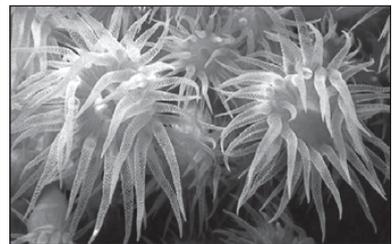
Koral atau karang hidup berkoloni membentuk massa yang kaku dan kuat karena mempunyai kerangka yang terbuat dari kalsium karbonat. Koral hidup di laut dangkal dengan suhu rata-rata 20°C (daerah tropis antara 30°LU hingga 30°LS). Koral melakukan reproduksi aseksual dengan pembentukan kuncup atau tunas. Contoh: *Acropora*, *Stylophora*, *Leptoria*, dan sebagainya. Koral yang sudah mati, rangka kapurnya akan menjadi batu karang/terumbu. Ada tiga tipe batu karang, yaitu karang pantai, karang penghalang, dan karang atol.

Ubur-ubur dapat dimanfaatkan sebagai tepung ubur-ubur yang digunakan sebagai bahan pembuatan kosmetik. Selain sebagai bahan kosmetik, di Jepang ubur-ubur dimanfaatkan sebagai bahan makanan. Karang atol, karang pantai, dan karang penghalang dapat melindungi pantai dari abrasi air laut. Karang dan anemon membentuk taman laut yang menjadi tempat persembunyian dan tempat perkembangbiakan ikan serta sebagai objek wisata.



Gambar 8.11 *Aurellia*, jenis Coelenterata yang berbentuk medusa.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.12 Anemon laut, hidup menempel di dasar laut.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

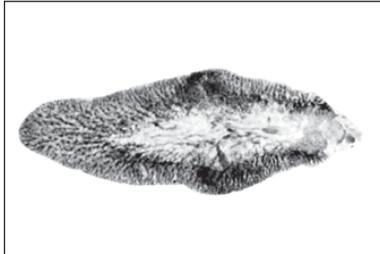
Tugas 8.3

Jelaskan cara perkembangbiakan dan daur hidup hewan Coelenterata

3. Filum Platyhelminthes

Platyhelminthes meliputi kelompok cacing yang tubuhnya pipih dan relatif sederhana dibandingkan filum cacing yang lain.

Platyhelminthes memiliki tubuh pipih, lunak, dan epidermisnya bersilia. Tubuhnya bersifat triploblastik yang tidak mempunyai rongga tubuh (aselomata). Hidup di air tawar, air laut, dan tanah lembab, beberapa jenis bersifat parasit pada hewan dan manusia. Cacing yang bersifat parasit mempunyai lapisan kutikula dan alat pengisap yang dapat disertai dengan kait untuk menempel.



Gambar 8.13 Cacing hati, salah satu jenis Platyhelminthes.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2006

Cacing pipih belum mempunyai sistem peredaran darah dan sistem pernafasan. Hewan ini menggunakan seluruh permukaan tubuh untuk melakukan pertukaran gas antara tubuh dan lingkungan secara difusi. Sistem pencernaan belum sempurna, yaitu terdapat mulut, rongga pencernaan, namun tidak memiliki anus. Sistem ekskresi pada cacing pipih terdiri atas dua saluran ekskresi yang memanjang bermuara ke pori-pori yang letaknya berderet-deret pada bagian dorsal (punggung). Kedua saluran ekskresi tersebut bercabang-cabang dan berakhir pada sel-sel api (*flame cell*). Sistem saraf berupa *tangga tali* yang terdiri dari sepasang ganglion otak di bagian anterior tubuh. Kedua ganglion dihubungkan oleh serabut-serabut saraf melintang dan dari masing-masing ganglion membentuk saraf tangga tali yang memanjang ke arah posterior. Kedua tali saraf ini bercabang-cabang ke seluruh tubuh.

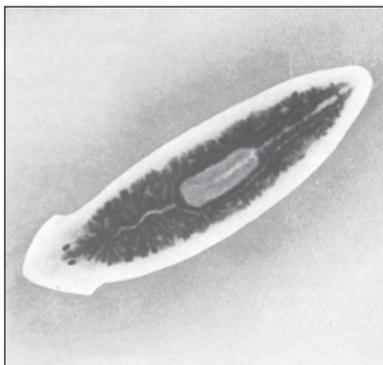
Cacing pipih dapat melakukan reproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dengan memutuskan sebagian anggota tubuh. Sedangkan reproduksi seksual dengan peleburan dua sel kelamin pada hewan yang bersifat hemafrodit.

Platyhelminthes dibedakan menjadi 3 kelas yaitu Turbellaria (cacing bersilia), Trematoda (cacing pipih), dan Cestoda (cacing isap).

a. Kelas Turbellaria

Hewan dari kelas Turbellaria memiliki bentuk tubuh pipih dan memiliki silia (bulu getar). Biasanya hidup di air tawar yang jernih, air laut, atau tempat lembab dan jarang yang bersifat parasit. Beberapa jenis memiliki dua mata dan tanpa alat hisap. Hewan ini mempunyai kemampuan regenerasi yang besar, yaitu dari setiap potongan tubuhnya dapat tumbuh menjadi individu baru.

Contoh Turbellaria antara lain *Planaria* yang berukuran 0,5 – 1,0 cm dan *Bipalium* yang mempunyai panjang tubuh sampai 60 cm dan hanya keluar di malam hari. *Planaria* mempunyai kepala berbentuk segitiga. Pada kepala terdapat dua bintik mata yang dapat membedakan intensitas cahaya. Permukaan tubuh *Planaria* bersilia dan di tengah-tengah bagian tubuh terdapat mulut yang dilengkapi dengan



Gambar 8.14 *Planaria*, salah satu jenis Turbellaria.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2006

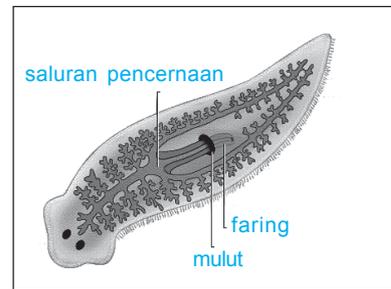
proboscis (tenggorok yang dapat ditonjolkan keluar). *Planaria* mempunyai sistem pencernaan yang terdiri dari mulut, faring, dan usus yang bercabang 3 yakni satu cabang ke arah anterior dan 2 cabang ke bagian samping tubuh. Percabangan ini berfungsi untuk peredaran bahan makanan dan memperluas bidang penguapan. *Planaria* tidak memiliki anus pada saluran pencernaan makanan sehingga sisa makanan yang tidak tercerna dikeluarkan melalui mulut. *Planaria* sering dimanfaatkan sebagai pakan ikan.

b. Kelas Trematoda

Semua anggota Trematoda hidup sebagai parasit pada Vertebrata baik berupa ektoparasit (pada ikan) maupun sebagai endoparasit. Hewan Trematoda memiliki tubuh yang diliputi kutikula dan tak bersilia. Pada ujung anterior terdapat mulut dengan alat pengisap (*sucker*) yang dilengkapi kait sehingga disebut cacing isap. Trematoda bersifat hemafrodit. Contoh hewan Trematoda adalah *Fasciola hepatica* (cacing hati, parasit pada hati domba), *Fasciola gigantica* (parasit pada hati sapi), *Chlonorchis sinensis* (cacing hati, parasit pada manusia), *Schistosoma mansoni* (cacing darah), dan *Paragonimus westermani* (parasit pada paru-paru manusia, kucing, anjing, dan babi).

Daur hidup cacing hati (*Fasciola hepatica*) adalah sebagai berikut. Cacing dewasa bertelur di dalam saluran atau kantong empedu sapi atau domba. Telur masuk ke saluran pencernaan dan keluar dari tubuh bersama feses. Bila mencapai tempat basah, telur kemudian menetas menjadi larva bersilia yang disebut *mirasidium*. Mirasidium kemudian masuk ke dalam tubuh siput air tawar (*Lymnea auricularis-rubigranosa*).

- 1) Di dalam tubuh siput ini, mirasidium tumbuh menjadi *sporokis* dan berada di dalam tubuh siput selama lebih kurang 2 minggu.
- 2) Sporokis berkembang menjadi larva yang disebut *redia*.
- 3) Redia akan menuju jaringan tubuh siput dan berkembang menjadi larva berekor yang disebut *serkaria*. Serkaria dapat menembus jaringan tubuh siput dan keluar berenang dalam air.
- 4) Larva kemudian menempel pada rumput dan melepaskan ekornya dan menjadi *metaserkaria*. Metaserkaria membungkus diri membentuk kista yang dapat bertahan dalam waktu yang lama dengan tetap menempel pada rumput atau tumbuhan air.
- 5) Apabila rumput tersebut termakan oleh sapi atau domba, kista pecah dan metaserkaria dapat menembus dinding usus menuju ke dalam hati, saluran empedu, dan menjadi setelah beberapa bulan. Cacing dewasa bertelur kembali dan siklus ini terulang lagi.



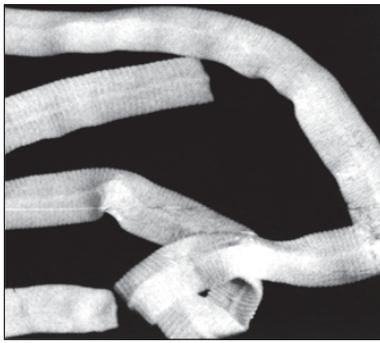
Gambar 8.15 Sistem pencernaan pada *Planaria*.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.16 *Schistosoma mansoni* salah satu jenis cacing Trematoda.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.17 *Taenia saginata* jenis cacing Cestoda yang bersifat parasit.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005

c. Kelas Cestoda (Cacing Pita)

Cacing pita memiliki tubuh yang pipih dan dilindungi lapisan kutikula, panjangnya mencapai 2 – 3 m yang terdiri dari bagian kepala (*skoleks*) dan tubuh (*strobila*). Kepala dilengkapi alat pengisap berjumlah dua atau lebih. Setiap segmen yang menyusun strobila mengandung alat perkembangbiakan. Makin ke posterior segmen makin melebar. Setiap segmen (*proglotid*) merupakan satu individu dan bersifat hermafrodit. Cacing ini biasanya hidup sebagai parasit dalam usus Vertebrata, oleh karena itu tidak mempunyai alat pencernaan. Sistem ekskresi terdiri dari saluran pengeluaran yang berakhir dengan sel api. Sistem saraf sama seperti Planaria dan cacing hati, tetapi kurang berkembang. Contoh Cestoda yaitu *Taenia saginata* (parasit dalam usus manusia), *Taenia solium* (parasit dalam usus manusia), *Choanotaenia infudibulum* (parasit dalam usus ayam), *Echinococcus granulosus* (parasit dalam usus anjing), dan *Diphyllobothrium latum* (menyerang manusia melalui inang protozoa).

Daur hidup *Taenia saginata* dimulai dari dalam usus manusia yang terdapat proglotid masak yaitu segmen cacing yang mengandung sel telur yang telah dibuahi (embrio). Telur ini kemudian keluar bersama feces. Bila telur termakan sapi dan sampai pada usus akan tumbuh dan berkembang menjadi larva *onkosfer*. Larva kemudian menembus usus dan masuk ke dalam pembuluh darah atau pembuluh limpa, menuju ke otot lurik dan membentuk kista yang disebut *sistiserkus bovis* (larva cacing). Kista akan membesar dan membentuk gelembung yang disebut *sistiserkus*. Manusia akan tertular cacing ini apabila memakan daging sapi mentah atau setengah matang. Dinding sistiserkus akan dicerna di lambung sehingga larva dibebaskan. Larva menempel pada usus manusia dengan menggunakan skoleks. Larva kemudian tumbuh membentuk proglotid yang dapat menghasilkan telur. Perhatikan daur hidup *Taenia saginata* pada **Gambar 8.18**. *Taenia solium* mirip dengan *Taenia saginata*, bedanya adalah skoleks pada *Taenia saginata* mempunyai alat pengisap tanpa kait dan inang perantaranya adalah sapi, sedangkan *Taenia solium* memiliki skoleks dilengkapi dengan kait dan inang perantaranya adalah babi.



Gambar 8.18 Daur hidup cacing pita *Taenia saginata*

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Tugas 8.4

1. Apakah yang dimaksud daya regenerasi pada *Planaria*?
2. Jelaskan daur hidup cacing hati (*Chlonorchis sinensis*).

4. Filum Nematelminthes (Nematoda)

Semua Nematelminthes berbentuk bulat panjang, tidak bersegmen, dan tubuhnya bersifat tripoblastik dengan selom semu. Nematelminthes berasal dari bahasa Yunani *nematos* (benang) dan *helminthes* (cacing) yang berarti cacing yang berbentuk gilig seperti benang.

Cacing Nematelminthes mempunyai tubuh berbentuk gilig atau bulat panjang dan tidak bersegm, tripoblastik dengan selom semu (tripoblastik pseudoselomata), dan permukaan tubuhnya dilapisi kutikula. Sebagian besar cacing ini hidup bebas di air dan tanah, tetapi ada juga yang bersifat parasit pada tanaman dan saluran pencernaan Vertebrata.

Saluran pencernaan memanjang mulai dari mulut sampai anus. Beberapa jenis diantaranya memiliki kait. Sistem saraf berupa cincin saraf yang mengelilingi esophagus yang dihubungkan dengan enam serabut saraf. Respirasi dilakukan secara difusi melalui seluruh permukaan tubuh. Tidak memiliki sistem sirkulasi, tetapi mempunyai cairan yang berfungsi seperti darah.

Nematelminthes berkembang biak secara seksual dengan fertilisasi internal. Cacing betina biasanya berukuran lebih besar dari cacing jantan. Ujung posterior cacing betina lurus sedangkan cacing jantan ujungnya berkait. Gonad (kelenjar kelamin) berhubungan langsung dengan saluran alat kelamin dan telur dilapisi oleh zat kitin. Beberapa contoh cacing Nematelminthes adalah sebagai berikut.

a. *Ascaris lumbricoides*

Cacing ini sering disebut cacing gelang atau cacing perut karena bersifat parasit di dalam usus halus manusia. Cacing dewasa dapat mencapai panjang 40 cm dengan permukaan tubuh yang licin dan dilindungi lapisan kutikula.

Di dalam usus halus, cacing dewasa bertelur, kemudian telur yang mengandung embrio ini keluar bersama feses. Telur ini jika ikut termakan oleh manusia akan menetas di usus (infeksi pasif). Larva dapat menembus dinding usus dan masuk ke dalam peredaran darah menuju paru-paru. Larva kemudian menuju ke faring dan bila tertelan akan masuk ke usus halus. Di dalam usus halus cacing menghisap sari makanan dan mulai bertelur setelah dewasa.

b. *Ancylostoma duodenale*

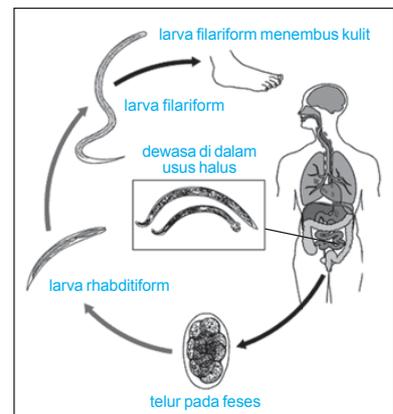
Cacing ini dikenal sebagai cacing tambang yang persebarannya di daerah tropis Asia dan Afrika. Di daerah Amerika terdapat cacing yang serupa yang dikenal sebagai *Necator americanus*. Cacing tambang berukuran 1 – 1,5 cm dan bersifat parasit dalam usus manusia. Pada mulutnya terdapat kait berupa gigi dari kitin untuk melekat dan melukai dinding usus inangnya. Cacing ini mengisap darah inang sehingga dapat menyebabkan anemia. Penyakit yang disebabkan cacing tambang disebut *ankilostomiasis*.

Cacing dewasa bertelur di dalam usus dan telur ini dapat keluar bersama feses. Di tempat yang lembab dan becek telur dapat menetas menjadi larva yang disebut *rhabditiform*. Larva kemudian berkembang menjadi *filariform* yang dapat menembus kulit kaki atau tangan dan masuk ke dalam sistem peredaran darah menuju ke jantung, paru-paru, faring, tenggorok, dan masuk ke dalam usus (infeksi aktif). Cacing kemudian mengisap darah pada dinding usus.



Gambar 8.19 *Ascaris lumbricoides* betina.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 8.20 Daur hidup *Ancylostoma duodenale*.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 8.21 *Wuchereria bancrofti*.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

c. *Trichinella spiralis*

Trichinella spiralis sering disebut cacing otot. Cacing ini bersifat parasit di usus manusia, babi, dan tikus yang dapat menyebabkan penyakit *trikinosis*. Larva dapat masuk bersama makanan ke dalam usus. Cacing dewasa bertelur di dalam usus dan menghasilkan larva. Larva dapat menembus usus mengikuti aliran darah dan bergerak menuju otot.

d. *Enterobius vermicularis*

Cacing ini disebut juga cacing kremi yang bersifat parasit di dalam usus manusia terutama pada anak-anak. Cacing betina bertelur pada malam hari dan mengeluarkan zat yang dapat menyebabkan rasa gatal di daerah anus.

e. *Wuchereria bancrofti*

Cacing ini bersifat parasit yang hidup pada pembuluh limfe atau getah bening manusia. Cacing dapat menyebabkan penyumbatan aliran limfe sehingga terjadi pembengkakan, misalnya pada kaki, akibatnya kaki menjadi besar seperti kaki gajah yang disebut *elephantiasis* atau *filariasis*. Penyebaran cacing ditularkan melalui gigitan nyamuk *Culex*.

Tugas 8.5

Jelaskan cara penularan cacing secara infeksi aktif, infeksi pasif, autoinfeksi, dan retroinfeksi.

5. Filum Annelida

Annelida berasal dari bahasa Yunani *annulus* (cincin), jadi Annelida adalah cacing yang mempunyai tubuh beruas-ruas atau bersegmen seperti cincin. Setiap ruas pada Annelida disebut *somit* dan bersifat *metameri* artinya setiap segmen tubuh mempunyai alat-alat yang lengkap seperti alat ekskresi, reproduksi, otot, pembuluh darah, dan saraf. Cacing ini bersifat triploblastik selomata.

Sistem pencernaan Annelida telah sempurna yaitu mempunyai mulut yang dilengkapi dengan gigi kitin, saluran pencernaan, dan anus pada ujung belakang. Mempunyai sepasang ganglion otak yang dihubungkan dengan sistem saraf *tangga tali*. Alat eksresinya disebut *nefridia*. Cacing ini melakukan pertukaran udara (bernapas) secara difusi dengan menggunakan seluruh permukaannya. Sistem peredaran darahnya tertutup.

Hewan ini bersifat hermafrodit dan memiliki *klitelum* sebagai alat kopulasi. Namun beberapa jenis Annelida bersifat monocious, yaitu ada cacing jantan dan cacing betina. Habitatnya adalah di air tawar, air laut, dan darat terutama di tempat lembab, gembur, dan banyak mengandung zat organik. Beberapa jenis bersifat parasit pada organisme lain. Annelida terbagi atas 3 kelas yaitu Polychaeta, Oligochaeta, dan Hirudinea



Gambar 8.22 Tubuh Annelida beruas-ruas, pada setiap ruas terdapat seta untuk bergerak.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

a. Polychaeta

Polychaeta berasal dari bahasa Yunani *poly* (banyak) dan *chaeta* (seta atau rambut) yang berarti cacing berambut banyak. Kelompok cacing ini berukuran antara 5 – 10 cm dengan warna yang beraneka ragam, umumnya hidup di laut yaitu dalam pasir atau di antara batu-batuan di daerah pasang surut. Tubuh bersegmen-segmen, setiap segmen mempunyai *parapodia* (kaki bedaging), pada setiap parapodia terdapat seta untuk bergerak kecuali pada segmen terakhir, serta mempunyai alat sensoris pada ujung depan (kepala). Reproduksi terjadi melalui perkawinan cacing jantan dan betina yang menghasilkan larva *trakofoor*.

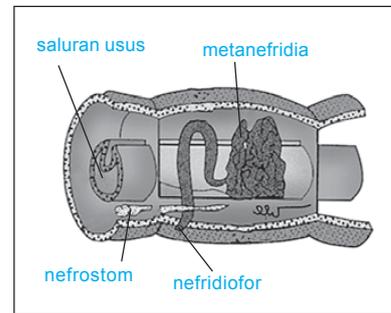
Contoh cacing ini adalah *Eunice viridis* (cacing wawo, hidup di laut Maluku), *Lysidice oele* (cacing palolo, hidup di Kepulauan Fiji), keduanya dapat dimakan dan mengandung protein yang tinggi. Contoh lain adalah *Nereis virens* (kelabang laut) dan *Arenicola* sp.

b. Olygochaeta

Olygochaeta berasal dari bahasa Yunani *oligo* (sedikit) dan *chaeta* (seta atau rambut) yang berarti cacing berambut sedikit. Tubuhnya bersegmen, tidak mempunyai parapodia, dan mempunyai beberapa seta pada setiap ruas. Sebagian besar hidup di air tawar atau di darat dan bersifat hermafrodit.

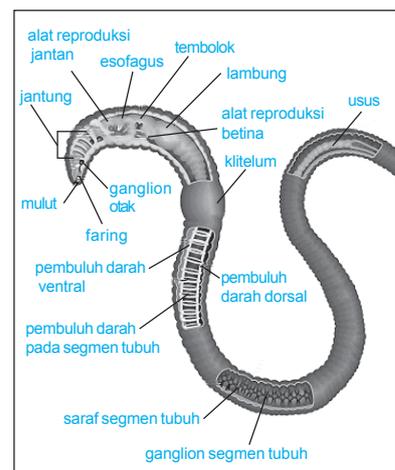
Contoh yang mudah kamu temukan adalah *Lumbricus terrestris* (cacing tanah). Tubuh cacing tanah memiliki segmen berjumlah 15 – 200 buah. Pada setiap segmen terdapat seta kecuali pada segmen pertama dan terakhir. Pada segmen ke-32 sampai segmen ke-37 terdapat *klitelum* atau *sadel* yang mengandung kelenjar sebagai alat kopulasi. Cacing tanah bersifat hermafrodit tetapi tidak dapat melakukan pembuahan sendiri. Dua cacing tanah melakukan perkawinan silang dengan menempelkan tubuh secara berlawanan. Alat kelamin jantan mengeluarkan sperma dan diterima klitelum pasangannya untuk membuahi sel telur. Sel telur yang telah dibuahi ditampung di dalam kokon dan dilepaskan dari tubuh cacing.

Cacing tanah bergerak dengan otot longitudinal dan otot sirkuler. Alat eksresinya berupa sepasang nefridia yang terdapat pada setiap segmen dan disebut *metanefridia*. Pernapasan dilakukan secara difusi menggunakan seluruh permukaan tubuh yang lembab. Sistem peredaran darahnya tertutup dengan plasma darah yang mengandung hemoglobin sehingga berwarna merah. Sistem saraf berupa saraf tangga tali. Makanannya berupa zat-zat organik, dicerna dengan sistem pencernaan makanan yang lengkap yaitu mempunyai mulut, esofagus, tembolok, lambung, usus, dan anus. Cacing ini mempunyai daya regenerasi yang tinggi dan membantu menghancurkan zat organik. Contoh lain cacing Oligochaeta adalah *Pheretima posthurna* (cacing tanah), *Perichaeta* (cacing hutan), dan *Tubifex* (cacing air).



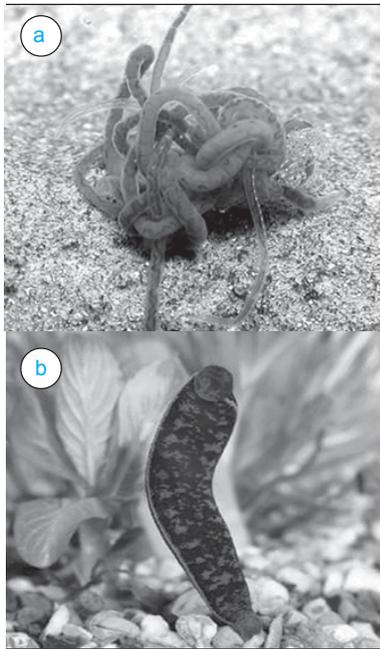
Gambar 8.23 Alat ekskresi Annelida berupa nefridia.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 8.24 Anatomi organ tubuh cacing tanah (*Lumbricus terrestris*).

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.25 (a) Cacing *Tubifex* sp. hidup di air tawar. (b) Lintah (*Hirudo medicinalis*) bersifat parasit.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

c. Hirudinea

Hirudinea meliputi berbagai jenis lintah (*hirudo* = lintah) yang banyak terdapat di air tawar, air laut, dan di darat. Tubuh pipih dorsoventral dengan permukaan yang ditutupi kutikula dan tidak memiliki parapodia atau seta. Hewan ini memiliki alat pengisap pada bagian ujung anterior dan posterior, pengisap di ujung posterior ukurannya lebih besar. Lintah merupakan hewan hermafrodit, lubang kelamin jantan terletak di depan lubang kelamin betina. Sistem pencernaan terdiri dari mulut, faring, tembolok, lambung, rektum, dan anus. Peredaran darahnya tertutup dan bernapas melalui seluruh permukaan kulit. Alat ekskresi berupa *nefridium* yang terdapat pada setiap segmen.

Hewan ini mempunyai kelenjar ludah yang menghasilkan zat *hirudin*, mengandung bahan anti koagulasi yang dapat mencegah penggumpalan darah. Contoh *Hirudo medicinalis* (lintah) dan *Haemadipsa javanica* (pacet).

Tugas 8.6

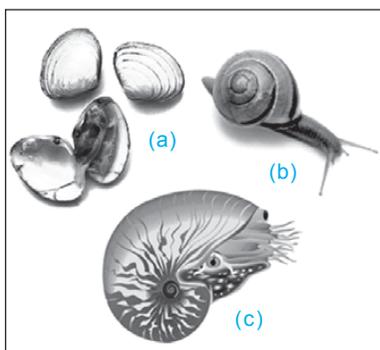
1. Cacing tanah (*Lumbricus terrestris*) bersifat hermaphrodit. Mengapa cacing tanah tidak dapat melakukan pembuahan sendiri? Jelaskan perkawinan silang pada cacing tanah.
2. Jelaskan sistem pencernaan pada Annelida.

6. Filum Mollusca

Mollusca berasal dari bahasa Latin *mollus* (lunak) yang berarti hewan lunak dan tidak memiliki ruas. Tubuhnya bersifat triploblastik selomata, dan mempunyai simetri bilateral. Umumnya memiliki mantel yang dapat membentuk cangkok dari kalsium karbonat, namun beberapa jenis tidak memiliki cangkok misalnya cumi-cumi, sotong, gurita, dan siput telanjang.

Mollusca mempunyai sistem otot untuk bergerak atau menutup cangkok. Alat pencernaannya lengkap mulai dari mulut yang mempunyai *radula* (lidah parut) sampai dengan anus yang terbuka di daerah rongga mantel serta mempunyai kelenjar pencernaan yang berkembang baik. Sistem peredaran darah terbuka kecuali pada kelas Cephalopoda. Mollusca umumnya mempunyai satu buah atau sepasang insang untuk bernapas, namun Mollusca yang hidup di darat menggunakan paru-paru untuk bernapas. Alat ekskresi berupa ginjal. Sistem saraf terdiri atas tiga pasang ganglion yaitu ganglion cerebral, ganglion visceral dan ganglion pedal yang ketiganya dihubungkan oleh tali-tali saraf longitudinal. Alat reproduksi umumnya terpisah atau bersatu dengan pembuahan internal atau eksternal.

Beberapa jenis Mollusca dimanfaatkan sebagai bahan makanan seperti kerang, cumi-cumi, dan siput. Jenis kerang mutiara dikenal sebagai penghasil mutiara untuk perhiasan.



Gambar 4.26 Beberapa jenis Mollusca: (a) kerang, (b) siput, (c) nautilus.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Beberapa jenis Mollusca merugikan manusia misalnya siput, keong mas, dan bekicot karena memakan tanaman budidaya. *Teredo navalis* yang hidup di laut sering menyebabkan rusaknya kayu pada galangan kapal. Beberapa jenis siput misalnya *Lymnea* merupakan inang perantara daur hidup cacing hati yang parasit pada manusia.

Berdasarkan simetri tubuh, struktur kaki, cangkok, mantel, insang, dan sistem saraf Mollusca dibagi menjadi lima kelas, yaitu kelas Gastropoda, Cephalopoda, Bivalvia atau Pelecypoda atau Lamellibranchyata, Amphineura, dan Scaphopoda.

a. Gastropoda

Gastropoda berasal dari bahasa Yunani *gastros* (perut) dan *poda* (kaki) yang berarti hewan lunak yang menggunakan perut sebagai kaki untuk berjalan. Gerakan Gastropoda dihasilkan dari kontraksi-kontraksi otot yang membentuk gelombang dari belakang menjalar ke depan. Kaki bagian depan memiliki kelenjar yang menghasilkan lendir untuk mempermudah berjalan, sehingga kamu dengan mudah dapat menemukan jejak Gastropoda.

Gastropoda merupakan kelas *Mollusca* yang paling besar, meliputi sekitar 50.000 spesies yang sebagian telah menjadi fosil. Gastropoda hidup di laut, air tawar, dan di darat. Sebagian besar mempunyai cangkok berbentuk kerucut terpilin atau spiral. *Gastropoda* yang tidak memiliki cangkok sering disebut siput telanjang (*vaginula*). Bentuk tubuhnya simetri bilateral yang mengalami modifikasi sesuai dengan bentuk cangkok.

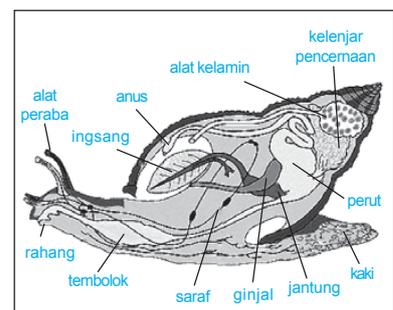
Pada bagian kepala terdapat dua pasang tentakel. Pada sepasang tentakel panjang terdapat mata yang berfungsi untuk membedakan gelap dan terang. Sepasang tentakel pendek berfungsi sebagai indera peraba dan pembau. Sistem pencernaan lengkap dari mulut, kerongkongan, lambung, usus, dan anus. Mulut Gastropoda dilengkapi dengan rahang dari zat tanduk dan terdapat lidah parut atau radula dengan gigi-gigi kecil dari kitin. Gastropoda umumnya adalah hewan herbivor yang memakan daun tumbuh-tumbuhan.

Gastropoda yang hidup di darat bernapas menggunakan paru-paru, sedangkan yang hidup di air bernapas dengan insang. Alat ekskresi berupa nefridia (ginjal) yang terletak dekat jantung dengan saluran uretra bermuara di dekat anus. Sistem peredaran darahnya terbuka dengan jantung terdiri dari sebuah serambi dan sebuah bilik. Sistem saraf terdiri dari ganglion otak, ganglion visceral, dan ganglion kaki. Ketiga ganglion utama ini dihubungkan oleh tali saraf longitudinal yang berhubungan dengan saraf transversal ke seluruh bagian tubuh. Gastropoda ada yang bersifat hermafrodit dan ada yang kelaminnya terpisah. Pada jenis yang hermafrodit, alat reproduksi jantan dan betina bergabung disebut *ovotestes*, tetapi tidak mampu melakukan pembuahan sendiri.



Gambar 8.27 *Teredo navalis*, jenis Mollusca yang sering merusak kayu galangan kapal.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.28 Struktur anatomi tubuh Gastropoda.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Beberapa contoh Gastropoda adalah *Achatina fulica* (bekicot), *Lymnea javanica* (siput air tawar), *Teredo navalis* (hidup di laut), *Melania testudinaria* (sumpil) dan *Lymnea trunculata* (siput perantara penyakit fasciolosis).

b. Kelas Chepalopoda

Chepalopoda berasal dari kata *chepale* (kepala) dan *poda* (kaki) yang berarti hewan yang mempunyai kaki di bagian kepala. Cephalopoda hidup di laut, umumnya tidak mempunyai cangkok, kecuali *Nautilus* sp. Kaki biasanya mengalami modifikasi menjadi tentakel yang berfungsi sebagai tangan untuk menangkap makanan.

Contoh Chepalopoda adalah *Loligo fulii* (cumi-cumi). Cumi-cumi memiliki 10 kaki yang mengalami modifikasi menjadi tentakel yang terdiri dari 2 tentakel panjang dan 8 tentakel pendek. Tubuhnya dapat dibedakan atas kepala, leher, dan badan. Pada kepala terdapat mata yang tidak berkelopak berfungsi sebagai alat penglihatan. Pada bagian leher terdapat sifon atau cerobong penyemprot yang berotot, berfungsi sebagai alat gerak ke arah belakang. Untuk bergerak maju cumi-cumi menggunakan sirip dan tentakelnya.

Cumi-cumi mempunyai mantel yang membungkus tubuhnya. Pada bagian perut terdapat cairan tinta berwarna hitam yang mengandung pigmen *melanin*. Cairan tinta ini berfungsi untuk melindungi diri ketika dalam keadaan bahaya yaitu dengan menyemburkan tinta sehingga air menjadi keruh. Kulit cumi-cumi juga dapat berubah warna sesuai dengan tempatnya karena mempunyai zat *kromatofora*.

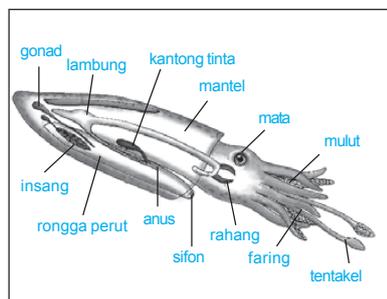
Alat pencernaan makanan terdiri atas mulut, faring, kerongkongan, lambung, usus, dan anus serta dilengkapi dengan kelenjar pencernaan yaitu kelenjar ludah, hati, dan pankreas.

Sistem peredaran darahnya ganda dan tertutup, bernapas dengan insang, alat ekskresi berupa nefridia (ginjal) yang berbentuk segitiga berwarna putih. Sistem saraf berupa tujuh ganglion di daerah kepala yaitu ganglion serebral, ganglion pedal, ganglion visceral, ganglion suprabukalis, ganglion intrabukalis, ganglion stelata, dan ganglion optis. Cumi-cumi bersifat diocious yaitu alat reproduksinya terpisah pada hewan jantan dan betina.

Contoh Chepalopoda lainnya adalah *Nautilus pompilus*, *Sepia officinalis* (sotong), *Octopus* sp. (gurita), dan *Ammonita* sp.

c. Bivalvia atau Pelecypoda atau Lamellibranchiata

Kelompok hewan ini disebut Bivalvia yang berasal dari kata *bi* (dua) dan *valve* (kutub) yang berarti hewan yang mempunyai dua belahan cangkok. Disebut juga Pelecypoda dari kata *pelekhis* (kapak kecil) dan *poda* (kaki) yang berarti mempunyai kaki yang pipih seperti kapak kecil, dan disebut



Gambar 8.29 Struktur anatomi cumi-cumi (*Loligo fulii*).

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.30 Gurita (*Octopus* sp) yang baru menetas.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005

Lamellibranchiata dari kata *lamella* (lembaran) karena memiliki insang berupa lembaran. Bivalvia hidup di air tawar, dasar laut, danau, kolam, atau sungai yang banyak mengandung zat kapur yang diperlukan untuk membuat cangkok sebagai pelindung tubuh. Cangkok terdiri dari dua belahan yang dapat dibuka dan ditutup menggunakan otot aduktor. Cangkok di bagian dorsal lebih tebal dibandingkan cangkok ventral. Cangkok ini terdiri dari tiga lapisan yaitu sebagai berikut.

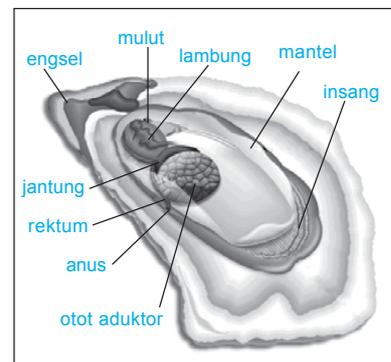
- 1) *Periostrakum*, lapisan terluar dari zat kitin yang berfungsi sebagai lapisan pelindung.
- 2) *Prismatik*, lapisan tengah yang tersusun dari kristal-kristal kapur yang berbentuk prisma.
- 3) *Nakreas*, lapisan paling dalam berupa lapisan induk mutiara yang tersusun dari kalsit (karbonat) yang tipis dihasilkan oleh seluruh permukaan mantel. Jika pada lapisan ini kemasukan benda asing, maka benda itu akan diselubungi lapisan mutiara. *Mutiara* yang kamu kenal sebagai bahan perhiasan dibuat dengan cara seperti ini pada jenis kerang mutiara, misalnya *Pinctada margaritifera*.

Di dalam cangkok terdapat alat-alat tubuh yang diselubungi mantel. Kakinya yang pipih dapat dijulurkan ke luar untuk berjalan dan menggali substrat. Alat pernapasan berupa dua buah insang berbentuk lembaran yang banyak mengandung batang insang. Sistem saraf berupa beberapa ganglion yaitu ganglion anterior, ganglion pedal, dan ganglion posterior. Makanan berupa mikroorganisme yang masuk ke dalam mulut melalui sifon. Sistem pencernaan terdiri dari mulut, kerongkongan, lambung, usus, dan anus serta memiliki kelenjar pencernaan.

Reproduksi Bivalvia secara seksual, alat kelamin terpisah pada hewan jantan dan betina dengan pembuahan dilakukan secara eksternal. Telur yang telah dibuahi berkembang menjadi larva *glochidium* yang kemudian tumbuh menjadi hewan dewasa. Contoh Bivalvia adalah *Ostrea* sp (tiram), *Tridacna gigas* (kima), *Buccinus* sp. (remis), *Pinctada mertensi* (tiram mutiara)

d. Amphineura

Tubuh Amphineura berbentuk pipih bulat telur, simetri bilateral, dengan kaki memanjang di bagian perut (*ventral*). Permukaan dorsal (atas/punggung) ditutupi oleh delapan keping zat berkapur. Pada permukaan lateral terdapat banyak insang yang disebut *ctenidium*. Pada kepala terdapat mulut yang dilengkapi dengan radula (lidah parut). Amphineura tidak mempunyai mata dan tentakel. Hewan ini telah mempunyai sistem saraf, saluran pencernaan lengkap, dan dilengkapi dengan kelenjar pencernaan. Peredaran darahnya tertutup dan bernapas dengan insang.



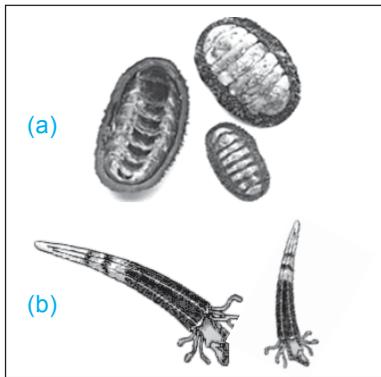
Gambar 8.31 Struktur anatomi kerang (Bivalvia).

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.32 Kima raksasa (*Tridacna gigas*) lebar cangkangnya dapat mencapai satu meter.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.33 (a) Kiton, Amphineura yang hidup menempel di bebatuan dasar laut, dan (b) Siput bercangkang tanduk (*Dentalium vulgare*).

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Amphineura hidup di laut melekat pada bebatuan di daerah pantai. Amphineura bersifat hermafrodit (berkelamin dua) dengan fertilisasi eksternal. Telur yang telah dibuahi oleh sperma berkembang menjadi *larva trokofor*. Contohnya adalah *Cryptochiton stelleri* (kiton raksasa) dan *Caetopleura apiculata*.

e. Scaphopoda

Scaphopoda mempunyai cangkang yang berbentuk krucut seperti terompet atau tanduk yang ujungnya berlubang. Umumnya hidup di laut menempel pada substrat bebatuan, pasir, atau lumpur. Salah satu contoh Scaphopoda adalah *Dentalium vulgare* (siput bercangkang tanduk), memiliki cangkang yang kedua ujungnya terbuka. Panjangnya sekitar 5 cm. Mempunyai tentakel bersilia sebagai alat peraba dan menangkap makanan yang terletak di dekat mulut. Hewan ini berkembang biak secara seksual dengan alat kelamin terpisah pada hewan jantan dan betina.

Untuk mengetahui ciri-ciri kelas pada Mollusca, lakukan **Kegiatan 8.1** berikut ini.

Kegiatan 8.1

Mengamati Mollusca

A. Tujuan

Mengamati ciri-ciri kelas dalam filum Mollusca.

B. Alat dan Bahan

1. Bekicot
2. Cumi-cumi
3. Kerang
4. Kiton
5. Siput bercangkang tanduk (*Dentalium vulgare*)
6. Kaca pembesar atau lup
7. Pinset
8. Cawan petri

C. Cara Kerja

1. Letakkan hewan yang akan kamu amati di atas cawan petri. Jika kamu tidak berhasil menemukannya, kamu dapat menggunakan gambar atau fotonya.
2. Amati bagian tubuh terutama cangkang, alat gerak, dan bagian-bagian yang penting lainnya. Agar lebih jelas, kamu dapat menggunakan kaca pembesar.
3. Gambarlah masing-masing hewan dan berilah keterangannya, kemudian isikan pada tabel seperti contoh di bawah.

D. Tabel Pengamatan

No.	Ciri-Ciri	Bekicot	Cumi-Cumi	Kerang	Kiton	<i>Dentalium vulgare</i>
1.	Gambar					
2.	Cangkang					
3.	Alat gerak					
4.	Organ khusus lainnya					

E. Pertanyaan untuk Diskusi

1. Apakah persamaan dan perbedaan yang terdapat pada kelima jenis Mollusca di atas?
2. Ciri yang manakah yang digunakan untuk mengelompokkan kelima hewan tersebut menjadi kelas yang berbeda?
3. Apakah kesimpulan yang dapat kamu ambil dari kegiatan ini?

Tugas 8.7

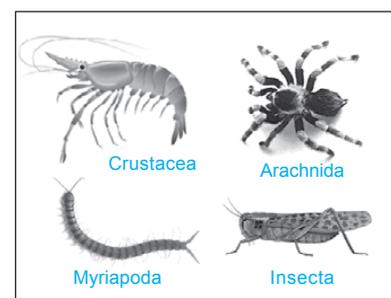
1. Carilah informasi jenis-jenis Mollusca yang bermanfaat bagi manusia serta jenis-jenis yang merugikan. Mengapa Mollusca tersebut dianggap merugikan?
2. Jelaskan proses pembuatan mutiara oleh kerang mutiara.

7. Filum Arthropoda

Arthropoda berasal dari kata *arthros* (sendi atau ruas) dan *podos* (kaki) yang berarti hewan dengan kaki yang bersendi atau beruas-ruas. Arthropoda merupakan filum terbesar dalam kingdom Animalia. Diperkirakan terdapat sekitar 1.000.000 jenis Arthropoda yang berarti 75% dari spesies hewan yang ada di Bumi merupakan Arthropoda. Arthropoda menghuni hampir semua habitat baik di air laut, air tawar, dan daratan. Tubuh Arthropoda beruas-ruas yang dapat dibedakan atas kepala (*caput*), dada (*toraks*), dan perut (*abdomen*). Bentuk tubuhnya simetri bilateral yang dilapisi oleh rangka luar (eksoskeleton) dari kitin. Arthropoda dapat mengalami *ekdisis* atau pergantian kulit.

Arthropoda mempunyai sistem pencernaan yang telah sempurna. Sistem peredaran darah terbuka dengan jantung terletak di daerah dorsal (punggung). Arthropoda yang hidup di air bernapas dengan insang, sedangkan yang hidup di darat bernapas dengan trakea, paru-paru buku, atau seluruh permukaan tubuh. Sistem sarafnya berupa saraf tangga tali. Pada bagian kepala terdapat beberapa indra seperti antena yang berfungsi sebagai alat peraba, mata tunggal (*oselus*) dan mata majemuk (*mata faset*), alat pendengaran, dan statosit (alat keseimbangan pada Crustacea). Alat ekskresi berupa saluran malpigi yang bermuara pada usus. Reproduksi secara seksual dengan alat reproduksi terpisah (ada hewan jantan dan betina) dengan fertilisasi dilakukan secara internal. Beberapa jenis serangga melakukan partenogenesis.

Arthropoda dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu Crustacea, Arachnida, Myriapoda, dan Insecta. Perhatikan ciri-ciri kelas utama Arthropoda pada **Tabel 8.1**.



Gambar 8.34 Hewan-hewan kelompok Arthropoda

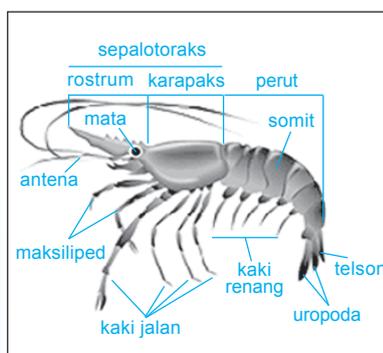
Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Tabel 8.1 Ciri-ciri kelas Arthropoda.

Ciri	Kelas			
	Crustacea	Arachnida	Myriapoda	Insecta
Tubuh	a. Mempunyai rangka yang keras b. Terdiri atas dua bagian kepala-dada dan perut	Terdiri atas 2 bagian: kepala-dada dan perut	a. Chilopoda: kepala dan badan pipih (<i>dorsoventral</i>) b. Diplopoda: kepala dan badan silindris	Terdiri atas kepala, dada dan abdomen (perut)
Kaki	Satu pasang pada setiap segmen tubuh, 5 pasang pada dada	4 pasang pada kepala-dada	1 pasang atau 2 pasang pada setiap ruas	3 pasang pada dada atau tidak ada
Sayap	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	2 pasang atau tidak ada
Antena	2 pasang	Tidak ada	a. Chilopoda: 1 pasang dan panjang b. Diplopoda: 1 pasang dan pendek	1 pasang
Organ pernapasan	Insang atau seluruh permukaan tubuh	Paru-paru buku	Trakea	Trakea
Tempat hidup	Air tawar dan air laut	Di darat	Di darat	Di darat

a. Crustacea

Crustacea adalah hewan akuatik yang hidup di air laut, air tawar, dan tempat yang lembab. Ukurannya bervariasi dari mikroskopis (penyusun zooplankton) hingga yang berukuran besar seperti kepiting. Tubuh Crustacea beruas-ruas terdiri atas kepala dan dada menyatu disebut *sefalotoraks* dan *abdomen* (perut). Pada bagian kepala terdapat beberapa alat, yaitu dua pasang antena, satu pasang mandibula (rahang atas), satu pasang maksila (rahang bawah), dan satu pasang maksiliped. Maksila dan maksiliped berfungsi untuk menyaring makanan dan menghantarkan makanan ke mulut. Pada setiap ruas terdapat satu pasang kaki untuk berjalan dan berenang.

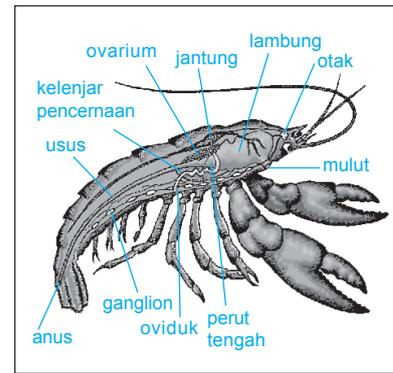


Gambar 8.35 Struktur tubuh Crustacea.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Alat pencernaan terdiri dari mulut yang terletak pada bagian anterior, esofagus, lambung, usus, dan anus yang terletak di bagian posterior. Sistem saraf berupa saraf tangga tali. Ganglion otak berhubungan dengan alat indera yaitu antena, *statisit* (alat keseimbangan), dan mata majemuk (faset) yang bertangkai. Sistem peredaran darahnya terbuka. Darah tidak berwarna karena tidak mengandung hemoglobin, melainkan hemosianin. Pada umumnya Crustacea bernapas dengan insang kecuali Crustacea tingkat rendah menggunakan seluruh permukaan tubuhnya untuk pertukaran gas. Reproduksi secara seksual, alat kelamin umumnya terpisah kecuali pada beberapa

Crustacea tingkat rendah. Alat kelamin betina terdapat pada pasangan kaki ketiga dan alat kelamin jantan terdapat pada pasangan kaki kelima. Pembuahan terjadi secara eksternal. Selama pertumbuhan, Crustacea mengalami beberapa kali ekdisis atau pergantian kulit. Udang mampu melakukan autotomi yaitu pemutusan sebagian anggota tubuhnya untuk menghadapi predator. Dari kaki yang dilepaskan tersebut akan tumbuh kembali melalui proses regenerasi. Crustacea dikelompokkan menjadi dua subkelas yaitu Entomostraca dan Malacostraca.



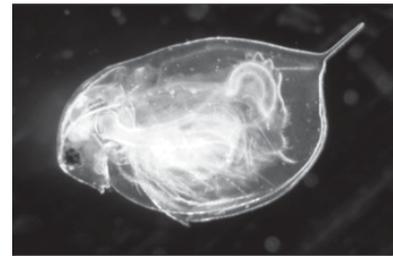
Gambar 8.36 Struktur anatomi udang (Crustacea).

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

1) Subkelas Entomostraca

Merupakan kelompok udang tingkat rendah yang kebanyakan menyusun zooplankton di perairan. Hewan ini dikelompokkan menjadi empat ordo.

- a) Branchiopoda, tubuhnya transparan dan sering disebut kutu air. Merupakan salah satu penyusun zooplankton. Contoh *Daphnia pulex*, *Notostraca*, dan *Asellus aquaticus*
- b) Ostracoda, hidup di air tawar dan laut sebagai plankton, tubuh kecil dan dapat bergerak dengan antena. Contoh *Penella* dan *Candona suburdana*.
- c) Copepoda, hidup di air laut dan air tawar, dan merupakan plankton dan parasit, mempunyai segmentasi tubuhnya yang jelas. Contoh *Argulus indicus*, *Penella*, dan *Cyclops*.
- d) Cirripedia, tubuh seperti kerang, kepala dan dada ditutupi karapakas berbentuk cakram, hidup di laut melekat pada substrat, ada yang hidup bebas dan ada yang bersifat parasit. Contoh *Bernakel* dan *Sacculina*. *Bernakel* hidup melekat pada dasar kapal dan tiang-tiang yang terpancang atau mengapung di laut.
- e) Branchiura, hidup di air laut dan air tawar sebagai parasit pada hewan air atau hidup bebas. Contoh *Argulus* yang merupakan parasit pada ikan.



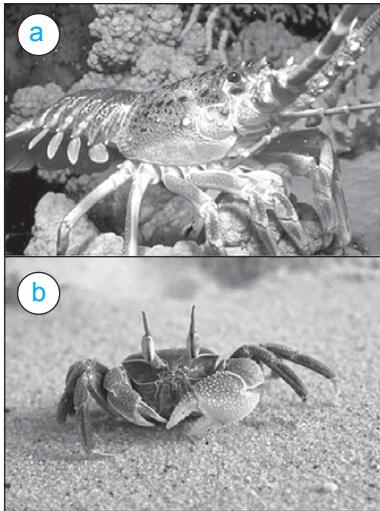
Gambar 8.37 *Daphnia pulex*, jenis Entomostraca yang menyusun zooplankton.

Sumber: www.ocagcomm.com

2) Subkelas Malacostraca

Malacostraca meliputi berbagai jenis udang tingkat tinggi yang hidup di laut, di air tawar, dan di darat. Tubuh terdiri atas *sefalotoraks* (kepala dan dada yang bersatu) dan perut (abdomen). Hewan ini dikelompokkan dalam tiga ordo.

- a) Isopoda, tubuh pipih *dorsoventral*, mempunyai kaki yang berukuran sama, hidup di darat, air tawar, dan air laut. Contohnya adalah *Oniscus asellus* dan *Limnoria lignorum*, keduanya adalah pengerek kayu sehingga bersifat merugikan.
- b) Stomatopoda, hidup di laut, bentuk tubuh seperti belalang sembah dengan warna yang mencolok. Bagian kepala dilindungi karapakas yang dilengkapi dengan alat gerak, mata, dan antena. Contohnya adalah *Squilla empusa* (udang belalang).



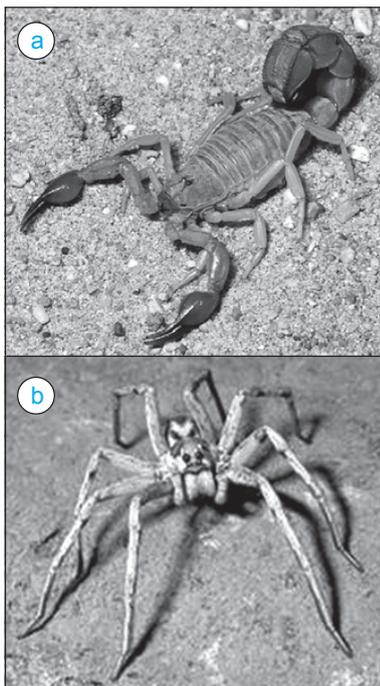
Gambar 8.38 (a) Udang dan (b) kepiting termasuk dalam subkelas Malacostraca.

Sumber: Microsoft Entarca, 2006

- c) *Decapoda*, meliputi kelompok Crustacea berkaki sepuluh yaitu udang dan ketam/kepiting. Ada yang hidup di air tawar dan beberapa jenis hidup di laut. Kepala dan dada menyatu (*sefalotoraks*) yang ditutupi oleh karapaks. Udang berperan penting bagi kehidupan manusia yaitu sebagai sumber makanan yang kaya protein. Contohnya adalah *Penacus setiferus* (udang windu), *Cambarus virilis* (udang air tawar), *Panulirus versicolor* (udang karang), *Portunus sexdentatus* (kepiting), *Neptunus pelagicus* (rajungan), *Scylla serrata* (kepiting), dan *Birgus latro* (ketam kenari).

b. Arachnida

Arachnida meliputi kalajengking, laba-laba, dan tungau atau caplak (*arachne* = laba-laba). Hidupnya di darat, kebanyakan bersifat parasit yang merugikan manusia, hewan, dan tumbuhan. Tubuh terbagi atas kepala-dada (*sefalotoraks*) dan perut (abdomen). Pada bagian kepala-dada terdapat empat pasang kaki. Pada kepala terdapat beberapa pasang mata tunggal dan dua pasang mulut yaitu *kelisera* dan *pedipalpus*. Alat pernapasan berupa *trakea* dan paru-paru buku. Alat pencernaan lengkap dari mulut hingga anus. Alat ekskresi berupa saluran *malpigi*. Sistem saraf berupa tangga tali dengan ganglion otak dan saraf ventral membentuk pasangan ganglia yang menjulur ke seluruh tubuh. Reproduksi secara seksual, alat kelamin jantan dan betina terpisah dan pembuahan secara internal. Arachnida dikelompokkan menjadi tiga ordo yaitu Scorpionida, Araneae, dan Acarina.



Gambar 8.39 (a) Kalajengking dan (b) Laba-laba termasuk hewan Arachnida.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

- 1) Scorpionida, meliputi berbagai jenis kala, memiliki perut beruas-ruas dan ruas terakhir berubah menjadi alat pembela diri (alat penyengat), pedipalpus berukuran besar seperti catut dan kelisera berukuran kecil. Contohnya *Buthus* sp. (ketonggeng) dan *Centrurus* sp. (kalajengking)
 - 2) Araneae, meliputi berbagai macam laba-laba, umumnya perut tidak beruas-ruas. Di dekat anus terdapat *spinneret* yaitu alat untuk mengeluarkan benang yang digunakan untuk membuat jaring atau sarang dan kokon. Contohnya antara lain *Rhechostica hentz* (tarantula), *Nephila maculata* (laba-laba), *Latrodectes natans*, dan *Laxosceles reclusa* (laba-laba beracun).
- c. Acarina, meliputi berbagai jenis tungau dan caplak yang umumnya bersifat parasit. Tubuh berukuran kecil dan tidak beruas, abdomen bersatu dengan sefalotoraks, dan tidak mempunyai alat pernapasan khusus. Contohnya *Ododectes cynotis* (tungau kudis telinga pada kucing dan anjing) *Sarcoptes scabies* (caplak kudis), *Dermacentor* sp. (capak mamalia), *Boophilus annulatus* (caplak sapi), dan *Tarsomenus* sp. (hama tanaman Solanaceae).

c. Myriapoda

Tubuh Myriapoda terdiri dari kepala dan perut (tidak terdapat dada), beruas-ruas, dan pada setiap ruas terdapat sepasang atau dua pasang kaki. Hidup di darat terutama di tempat-tempat yang banyak mengandung humus atau sisa-sisa bahan organik. Pada kepala terdapat mulut, dua buah mata tunggal (*oselus*), dan sepasang antena.

Myriapoda mempunyai susunan saraf tangga tali. Alat pernapasan berupa trakea yang dilengkapi spirakel pada setiap ruas tubuh sebagai tempat keluar masuknya udara. Sistem peredaran darahnya terbuka. Reproduksi secara seksual dengan bertelur, alat kelamin jantan dan betina terpisah. Myriapoda dibagi menjadi dua kelas yaitu Chilopoda dan Diplopoda.

1) Kelas Chilopoda

Meliputi hewan berkaki seratus (*sentipeda*). Tubuh pipih memanjang terdiri atas kepala dan badan, beruas-ruas (15 – 173 ruas) dan setiap ruas memiliki satu pasang kaki, kecuali ruas di belakang kepala dan dua segmen terakhir. Pada ruas di belakang kepala terdapat sepasang alat *maksiliped* yang menghasilkan racun untuk membunuh mangsa. Pada bagian kepala terdapat sepasang antena panjang, dua kelompok mata tunggal, dan mulut. Alat pencernaan makanannya lengkap dari mulut sampai anus. Alat ekskresi berupa dua buah saluran malpigi. Alat respirasi berupa trakea yang bercabang-cabang ke seluruh bagian tubuh dengan lubang trakea terdapat pada semua ruas. Reproduksi secara seksual dengan pembuahan internal dan menghasilkan telur yang sering diletakkan di bawah batu-batuan.

Chilopoda memiliki rahang yang kuat dan berbisa untuk memangsa binatang-binatang kecil. Contohnya adalah *Scolopendra morsitans* (lipan) dan *Lithobius forficatus* (kelabang).

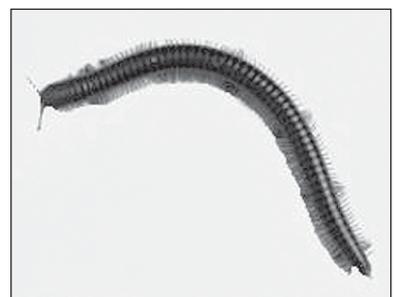
2) Kelas Diplopoda

Diplopoda meliputi hewan berkaki seribu (*milipeda*). Tubuh berbentuk bulat panjang (silindris) dan beruas-ruas (25 – 100 segmen), terdiri atas kepala dan badan. Pada setiap ruas terdapat dua pasang kaki dan tidak mempunyai maksiliped. Pada hewan jantan, dua buah kaki pada ruas ke tujuh mengalami modifikasi sebagai alat kopulasi. Pada kepala terdapat mulut, sepasang antena yang pendek, dan dua mata tunggal yang sederhana. Gerakannya sangat lambat dan ada yang dapat menggulung jika dalam keadaan bahaya. Umumnya hidup di tempat lembab dan gelap yang banyak mengandung sisa-sisa tumbuhan yang telah membusuk sebagai makanannya. Alat pernapasan berupa trakea yang tidak bercabang-cabang. Alat peredaran darah Diplopoda



Gambar 8.40 *Scolopendra* sp. hidup di tanah dan memakan hewan-hewan kecil lainnya.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.41 *Julus nomerensis* (kaki seribu).

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

berupa suatu jantung pembuluh. Alat eksresinya berupa dua buah saluran malpigi. Reproduksi secara seksual dan alat kelamin terpisah yang menghasilkan telur. Contoh *Julus nomerensis* (kaki seribu).

d. Insecta

Insecta meliputi berbagai jenis serangga, disebut juga heksapoda yang berarti hewan berkaki enam. Merupakan kelas terbesar dalam filum Arthropoda, diperkirakan terdapat lebih dari 900.000 jenis yang terbagi dalam 25 ordo. Habitat serangga adalah di darat dan di air tawar.

Tubuh dapat dibedakan dengan jelas antara kepala, dada, dan perut. Pada kepala terdapat satu pasang mata faset (mata majemuk), mata tunggal (*oselus*), satu pasang antena sebagai alat peraba, dan mulut. Mulut serangga berkembang menjadi beberapa tipe sesuai dengan cara makannya, yaitu tipe mulut pengunyah, pengisap, tipe pengisap dan penjilat, dan tipe pengisap dan penusuk. Pada mulut terdapat rahang belakang (*mandibula*), rahang depan (*maksila*), bibir atas (*labrum*), dan bibir bawah (*labium*)

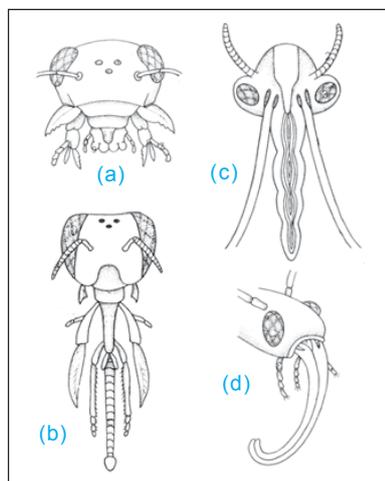
Bagian dada terdiri atas tiga ruas yaitu *protoraks*, *mesotoraks*, dan *metatoraks*. Pada setiap ruas terdapat sepasang kaki yang beruas. Umumnya mempunyai sayap yang terletak pada segmen dada kedua (*mesotoraks*) dan ketiga (*metatoraks*). Perut terdiri dari sekitar 11 ruas, ruas terakhir mengalami modifikasi menjadi *ovipositor* yang berfungsi untuk meletakkan telur. Pada segmen pertama terdapat alat pendengaran atau *membran timpani*.

Alat pencernaan sempurna, terdiri atas mulut, kerongkongan, tembolok, lambung, usus, dan anus. Sistem saraf tangga tali yang terdiri atas ganglion-ganglion di setiap ruas. Alat pernapasan berupa trakea yang bercabang-cabang ke seluruh bagian tubuh. Trakea bermuara pada *spirakel* atau *ostium*. Sistem peredaran darah terbuka, jantung memiliki aorta tetapi tidak memiliki pembuluh kapiler dan vena. Reproduksi secara seksual, alat kelamin terpisah, dan pembuahan internal. Selama pertumbuhannya, umumnya serangga mengalami perubahan bentuk yang disebut metamorfosis. Serangga yang tidak mengalami metamorfosis disebut *ametabola* misalnya kutu buku. Serangga yang mengalami metamorfosis sempurna (telur – larva – pupa – imago) disebut *homometabola* misalnya kupu-kupu. Sedangkan serangga yang mengalami metamorfosis tidak sempurna (telur – nimfa – imago) disebut *hemimetabola*.

Berdasarkan tipe sayap, tipe mulut, dan metamorfisnya, serangga dibedakan menjadi dua subkelas yaitu Apterygota dan Pterygota.

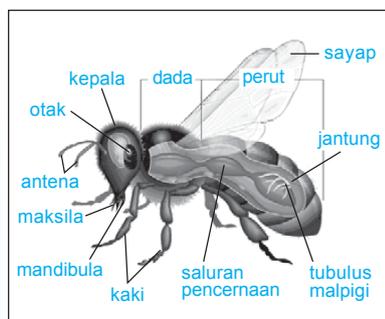
1) Subkelas Apterygota

Meliputi kelompok serangga ametabola dan hemimetabola yang dibagi menjadi beberapa ordo.



Gambar 8.42 Berbagai tipe mulut serangga: (a) pengunyah, (b) pengisap dan penjilat, (c) pengisap dan penusuk, dan (d) pengisap.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005



Gambar 8.43 Struktur anatomi Insecta.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.47 Kupu-kupu, salah satu jenis *Lepidoptera*.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 8.48 Lalat rumah termasuk dalam kelas Diptera.

Sumber: www.galeri.firdaus.or.id.tif



Gambar 8.49 Hewan kelompok Coleoptera.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

- a) Neuroptera, mempunyai dua pasang sayap tipis yang urat-uratnya berbentuk seperti jala, dan tipe mulut menggigit. Contoh *Myrmeleon frontalis* (undur-undur) dan *Chysopa* sp.
- b) Lepidoptera, mempunyai 2 pasang sayap yang dilapisi sisik halus, metamorfosis sempurna, terdapat dua macam pupa yaitu *pupa mumi* (pupa terlihat dari luar) dan *pupa kokon* (pupa terlindung kokon), dan tipe mulut mengisap dengan alat penghisap berupa belalai yang dapat dijulurkan. Ordo Lepidoptera dibagi menjadi dua subordo yaitu Rhopalocera dan Heterocera.
 - Rhopalocera, meliputi berbagai jenis kupu-kupu, ketika hinggap sayapnya ditekuk. Contohnya *Attacus atlas* (kupu-kupu gajah), *Erlonata thrax* (hama daun pisang), dan *Papilio memnon* (kupu-kupu pastur).
 - Heterocera, meliputi berbagai jenis ngengat yang aktif pada malam hari. Jika hinggap kedudukan sayap mendatar. Contoh *Bombyx mori* (ulat sutra), *Agrotis ipsilon* (ulat tanah), dan *Plusia signata*.
- c) Diptera, mempunyai dua pasang sayap, sepasang sayap depan berfungsi untuk terbang dan sepasang sayap belakang berubah menjadi alat keseimbangan yang disebut *halter*. Anggota Diptera mengalami metamorfosis sempurna. Tipe mulut ada menjilat atau menusuk dan mengisap, pada beberapa jenis mulut berbentuk seperti belalai disebut *probosis*. Diptera meliputi berbagai jenis lalat dan nyamuk, contohnya adalah *Drossophyla melanogaster* (lalat buah), *Musca domestica* (lalat rumah), nyamuk *Culex natigans*, nyamuk *Anopheles* sp, dan nyamuk *Aedes aegypti*.
- d) Coleoptera, mempunyai dua pasang sayap, sayap depan tebal dan keras karena mengandung zat tanduk yang disebut dengan *elitra*, sayap belakang tipis seperti selaput, mengalami metamorfosis sempurna, dan mempunyai tipe mulut menggigit. Meliputi berbagai jenis kumbang, contohnya adalah *Oryctes rhinoceros* (kumbang kelapa), *Lampyris* sp. (kunang-kunang), *Calandra oryzae* (kumbang beras), dan *Calasoma* sp. (kumbang air buas).
- e) Siphonoptera, tidak mempunyai sayap, tubuhnya pipih, kaki sangat kuat yang berguna untuk meloncat, tipe mulut menusuk dan mengisap, metamorfosis sempurna, dan segmentasi tubuh tidak jelas (batas antara kepala, dada, dan perut tidak jelas). Meliputi berbagai jenis pinjal, contohnya adalah *Pubex irritans* (pinjal manusia), *Ctenocephalus canis* (pinjal anjing), dan *Xenopsylla cheopis* (pinjal pada tikus dapat menularkan penyakit pes).

- f) *Hymenoptera*, mempunyai dua pasang sayap yang tipis seperti selaput, sayap depan lebih besar dari sayap belakang, tipe mulut menggigit dan mengisap atau menggigit saja, tubuh bersegmen dan segmen terakhir mengalami modifikasi menjadi alat penyengat. Meliputi berbagai jenis semut dan lebah, contohnya *Apis indica*, *Apis mellifera* (lebah madu), *Monomorium* sp. (semut hitam), *Xylocopa nobilis* (kumbang pengisap madu yang sering melubangi kayu bangunan rumah sebagai sarang). Lebah hidup berkoloni dan terdapat pembagian tugas antara lebah ratu (lebah betina fertil), raja (lebah jantan yang berkembang dari telur tanpa dibuahi atau partenogenesis), dan lebah pekerja (lebah steril, bertugas mengumpulkan makanan berupa madu dan polen serta menjaga sarang).

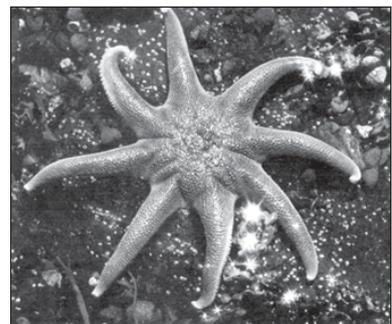
Tugas 8.8

1. Banyak jenis Arthropoda yang dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Apakah keunggulan dan kekurangan bahan pangan yang diperoleh dari jenis hewan ini?
2. Myriapoda dibedakan menjadi dua kelas yaitu Chilopoda dan Diplopoda. Tunjukkan perbedaan ciri-ciri antara dua kelas tersebut.
3. Jelaskan metamorfosis pada kupu-kupu dan belalang. Apakah perbedaan metamorfosis pada kedua hewan tersebut?

8. Filum Echinodermata

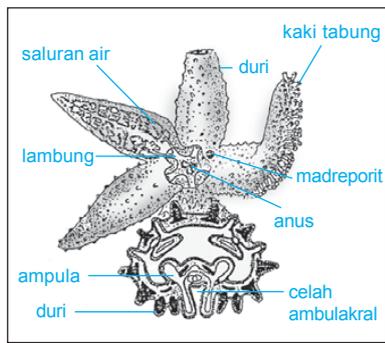
Echinodermata berasal dari kata Yunani *echinos* (duri) dan *dermal* (kulit) yang artinya hewan berkulit duri, yaitu kulitnya mempunyai lempeng-lempeng zat kapur sebagai endoskeleton dan terdapat duri-duri kecil. Pada beberapa jenis, duri ini mengalami modifikasi menjadi alat yang berguna untuk menangkap makanan. Echinodermata merupakan hewan triploblastik selomata yang hidup bebas di laut dengan gerakan yang lambat. Echinodermata memakan zat organik dan tidak ada yang parasit, meliputi sekitar 7.000 jenis yang masih hidup dan sekitar 13.000 jenis telah menjadi fosil. Bentuk tubuh dewasa simetri radial, namun larvanya yang bersilia mempunyai simetri bilateral yang menyerupai embrio Chordata sehingga diduga Echinodermata berevolusi dari nenek moyang yang simetri bilateral.

Mulut terdapat di permukaan bawah tubuh dan anusnya ada di permukaan atas. Echinodermata mempunyai sistem sirkulasi terbuka, terdiri dari pembuluh yang mengelilingi mulut dan dihubungkan dengan lima buah pembuluh radial di bagian lengan.



Gambar 8.50 Bintang laut, salah satu jenis Echinodermata.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.51 Struktur tubuh bintang laut.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Sistem pencernaan lengkap, terdiri dari mulut, faring, kerongkongan, lambung, usus, berakhir di anus. Pada beberapa jenis, anus ini tidak berfungsi. Bernapas menggunakan kaki ambulakral, namun pada beberapa jenis menggunakan paru-paru kulit (*dermal branchialis*) yaitu penonjolan dinding rongga tubuh yang tipis membentuk gelembung insang pada papula yang dilindungi silia dan pediselaria. Sisa-sisa metabolisme diangkat oleh sel-sel amubosit ke paru-paru kulit kemudian dilepaskan ke luar tubuh. Hewan ini tidak mempunyai otak namun memiliki ganglion dengan sistem saraf radial sederhana yang melingkari mulut kemudian bercabang-cabang ke arah lengan. Perkembangbiakan se cara seksual dengan alat kelamin terpisah dan melakukan fertilisasi eksternal. Telur yang telah dibuahi akan membelah menjadi morula, blastula, gastrula, kemudian berkembang menjadi *larva bipinnaria* berbentuk simetri bilateral. Larva ini dapat berenang bebas di lautan dan berkembang menjadi *branchidaria* lalu mengalami metamorfosis menjadi bentuk dewasa yang simetri radial. Banyak jenis hewan ini yang mempunyai kemampuan regenerasi tinggi yaitu dapat menumbuhkan kembali bagian tubuh yang terpotong.

Echinodermata mempunyai sistem pembuluh air yang disebut kaki ambulakral untuk bergerak, makan, dan pertukaran gas. Sistem saluran air ambulakral terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut.

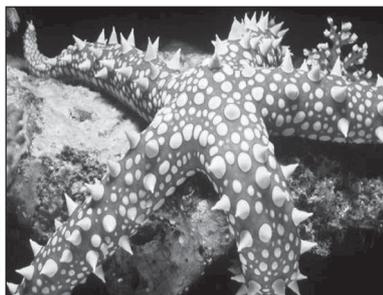
- Madreporit*, berupa lempeng dorsal yang berlubang-lubang kecil sebagai tempat masuk dan keluarnya air dari dalam tubuh.
- Saluran batu*, menghubungkan madreporit dengan saluran cincin.
- Saluran cincin*, yaitu saluran yang melingkari mulut.
- Saluran radial*, saluran cincin yang meluas ke seluruh tubuh.
- Saluran lateral*, terusan dari saluran radial di daerah lengan.
- Gelembung otot atau *ampula*.
- Kaki tabung* atau kaki ambulakral.

Air masuk melalui (*madreporit*) menuju ke pembuluh batu, kemudian menuju ke saluran cincin yang bercabang ke saluran radial dan saluran lateral. Pada setiap cabang terdapat deretan kaki tabung yang berpasangan dengan ampula. Dari saluran lateral air masuk ke ampula dan dikeluarkan ke lingkungan.

Echinodermata diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu Asteroidea, Echinoidea, Ophiuroidea, Crinoidea, dan Holoturoidea.

a. Asteroidea

Asteroidea disebut juga bintang laut karena tubuh berbentuk bintang dengan lengan yang biasanya berjumlah lima. Pada ujung setiap lengan terdapat mata sederhana yang dapat membedakan gelap dan terang. Bentuk dan warna bintang laut bervariasi. Penyokong tubuh berupa lempeng zat kapur (*osikulus*), pada permukaan kulit terdapat duri-duri dengan berbagai ukuran. Di sekitar duri terdapat



Gambar 8.52 Bintang laut sedang mencari makan di atas koral.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

pediselaria untuk menangkap makanan dan alat pelindung. Mulut terdapat di permukaan bawah (permukaan oral) dan anus terletak di permukaan atas (permukaan aboral). Kaki tabung terdapat pada permukaan oral, sedangkan madreporit dan alat kelamin terdapat pada permukaan aboral. Bintang laut dapat berkembang biak secara aseksual dan seksual. Perkembangbiakan secara aseksual dengan membentuk kembali bagian tubuh yang terpotong (regenerasi). Perkembangbiakan secara seksual melibatkan hewan jantan dan betina, pembuahan secara eksternal, menghasilkan zigot yang tumbuh menjadi larva bipinnaria. Contohnya adalah *Asterias* sp. (bintang laut merah), *Pisaster ochraceus* (bintang laut kuning tua), *Linckia laevigata* (bintang laut biru tua), dan *Pisaster giganteus* (bintang laut raksasa).

b. Echinoidea

Echinoidea meliputi berbagai jenis bulu babi atau landak laut yang bentuk tubuhnya bulat dan memiliki pelindung *testa* yang dilindungi dengan duri dari zat kapur yang panjangnya 1 – 2 cm. Pada beberapa jenis, duri ini lebih panjang dan tajam untuk melindungi diri dari predator. Hewan dewasa berukuran antara 3 – 10 cm. Jenis hewan ini biasanya hidup di sela-sela pasir atau sela-sela bebatuan di sekitar pantai atau di dasar laut. Meskipun tubuhnya tidak mempunyai lengan, Echinoidea mempunyai simetri radial lima lengan seperti pada Echinodermata lainnya. Simetri ini tampak jelas ketika bulu babi dikeringkan. Hewan ini bergerak dengan ratusan kaki tabung berukuran kecil. Mulut terletak di permukaan oral, dilengkapi dengan 5 buah gigi yang digerakkan oleh otot *lentera arisoteteles* untuk mengambil makanan. Nama itu diambil dari Aristoteles yang pertama kali mendeskripsikan alat ini dengan jelas dalam bukunya *History of Animals*. Anus, madreporit, dan lubang kelamin terdapat di permukaan aboral. Reproduksi secara seksual dengan pembuahan eksternal. Hasil pembuahan berupa zigot yang kemudian tumbuh menjadi larva *pluteus* yang mempunyai simetri bilateral. Contohnya adalah *Diadema antillarum* (landak laut hitam di Laut Karibia), *Arbacia punctulata*, dan *Echinus esculentus*.



Gambar 8.53 Landak laut.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

c. Ophiuroidea

Ophiuroidea sering disebut bintang ular karena mempunyai lima lengan yang panjangnya dapat mencapai 60 cm dan dapat digerakkan seperti ular. Lengan ini pangkalnya menyatu pada tubuh yang berbentuk cakram yang disebut kaliks. Cakram tubuh mempunyai simetri radial, di dalamnya terdapat alat pencernaan dan reproduksi. Madreporit dan mulut yang dilengkapi lima rahang terdapat di permukaan oral. Alat pencernaan terdiri dari mulut, lambung, dan tidak mempunyai anus, sisa makanan dikeluarkan kembali melalui mulutnya. Ular laut tidak memiliki bintik mata, tetapi dapat menggunakan reseptor pada epidermis untuk membedakan gelap dan terang.



Gambar 8.54 Bintang ular.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Hewan ini mempunyai kemampuan regenerasi yang tinggi. Alat pernapasan dan ekskresi berupa tabung bersilia (disebut *bursa*) yang berhubungan dengan sistem abulakral. Alat kelamin pada bintang ular terpisah antara hewan jantan dan betina. Alat kelamin ini terdapat pada cakram tubuh yang berhubungan dengan bursa. Hewan ini hidup di laut yang dangkal atau dalam, biasanya bersembunyi di sekitar batu karang, rumput laut, atau mengubur diri di lumpur/pasir yang aktif terutama pada malam hari. Contohnya adalah *Caulerpa racemosa* (ular laut kecil), *Palaeocoma egertoni*, dan *Ophioplocus* sp.

d. Crinoidea

Crinoidea sering disebut lilia laut karena hidup melekat pada bebatuan dan mempunyai lengan bercabang-cabang menyerupai mahkota bunga lilia. Lengan yang panjang ini disebut *pinnula* yang berjumlah lima buah atau kelipatannya. Hewan ini sering ditemukan menempel dengan menggunakan tangkai (*stalk*) yang memanjang dari daerah aboral. Jenis lain menggunakan *siri* (*cirri*) yaitu tentakel pendek dan halus untuk melekat pada bebatuan di dasar laut. Mulut dan anus terdapat pada permukaan oral di bagian atas tubuh dikelilingi siri dan tidak mempunyai madreporit. Lilia laut juga dapat bergerak dan berenang bebas, sehingga jika lingkungan tidak menguntungkan akan pindah dan menempel pada tempat lain. Hewan ini mempunyai kemampuan regenerasi yang besar. Perkembangbiakan dilakukan secara seksual, organ kelamin terpisah (ada hewan jantan dan betina), dan pembuahan terjadi secara eksternal. Contohnya adalah *Antedon tenella*, *Ptilometra australis*, dan *Ptilocrinus pinnatus*.

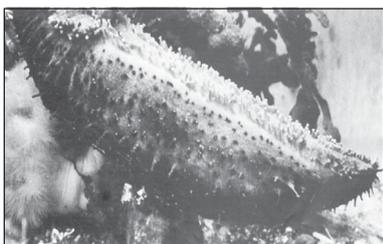


Gambar 8.55 Lilia laut.

Sumber: *Encyclopedia Britannica*, 2006

e. Holothuroidea

Holothuroidea disebut juga teripang atau mentimun laut karena bentuk tubuhnya seperti mentimun yang dapat ditemukan di dasar pantai hampir di seluruh dunia. Tubuh teripang lunak, diperkuat dengan osikula sebagai endoskeleton di bawah kulit. Hewan ini tidak mempunyai lengan, bergerak dengan memanjang dan memendekkan tubuh dengan bantuan otot di bawah kulit. Mulut terletak pada ujung anterior dan anus pada ujung posterior (aboral). Di sekeliling mulut terdapat tentakel yang bercabang sebanyak 10 sampai 30 buah. Alat pernapasan berupa paru-paru air atau melalui percabangan kloaka yang terletak sebelum anus. Teripang mempunyai sistem saluran air yaitu madreporit yang berhubungan dengan saluran cincin di sekitar mulut kemudian bercabang-cabang ke saluran radial. Teripang mempunyai sistem peredaran darah yang jelas dan sistem saraf berbentuk cincin yang bercabang-cabang ke seluruh tubuh. Reproduksi secara seksual dengan pembuahan di luar tubuh. Telur yang dibuahi berkembang



Gambar 8.56 Teripang / mentimun laut (*Thyone briareus*).

Sumber: *Ilmu Pengetahuan Populer*, 2005

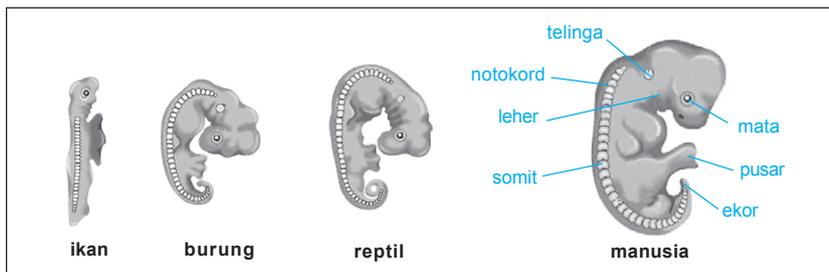
menjadi larva *auricularia*. Teripang sering dimanfaatkan sebagai obat dan makanan. Contohnya adalah *Holothuria floridana* (teripang raksasa Amerika), *Holothuria artha* (teripang hitam), *Thyone briareus*, dan *Sticopus* sp.

Tugas 8.9

1. Jelaskan sistem saluran air ambulakral pada hewan Echinodermata.
2. Mengapa Echinodermata dianggap mempunyai hubungan kekerabatan yang dekat dengan Chordata?
3. Sebutkan jenis-jenis Echinodermata yang bermanfaat bagi manusia beserta pemanfaatannya.

9. Filum Chordata

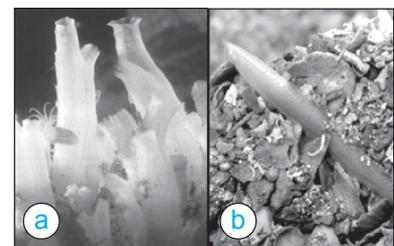
Filum Chordata merupakan kelompok hewan Vertebrata dan beberapa hewan Invertebrata. Semua hewan dalam filum Chordata mempunyai ciri khas meskipun hanya tampak pada periode tertentu dalam kehidupannya, yaitu mempunyai notokord, tali saraf dorsal, celah insang, dan ekor berotot yang melewati anus. Notokord merupakan sel-sel pada embrio yang tersusun berjajar dan saling bersambungan yang menyokong tubuh. Pada Vertebrata, notokord berkembang menjadi tulang belakang. Perhatikan **Gambar 8.57**.



Gambar 8.57 Perkembangan embrio beberapa jenis hewan Chordata.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Chordata terbagi menjadi tiga subfilum yaitu Urochordata, Cephalochordata, dan Vertebrata. **Urochordata** mempunyai notokord dan bumbung saraf (tonjolan yang akan berkembang menjadi sistem saraf) ketika masih embrio hingga larva, tetapi pada hewan dewasa tidak ada. Hewan ini hidup melekat di dasar laut, mempunyai tunika (selubung) pelindung tubuh. Contohnya adalah hewan penyemprot laut (*sea squirt*) dan tunikata. **Cephalochordata** meliputi hewan lanselet yang berbentuk seperti ikan, mempunyai notokord dan bumbung saraf tetapi tidak mempunyai vertebra (tulang belakang). Notokord berkembang hingga hewan dewasa yang mendukung gerak otot. Tubuhnya bulat memanjang dengan ujung yang meruncing, tidak mempunyai sirip, jantung, dan otak.



Gambar 8.58 (a) Hewan penyemprot laut (*sea squirt*), salah satu jenis Urochordata. (b) Lanselet, salah satu jenis Cephalochordata.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Hidupnya di dasar laut berpasir dan menggunakan insang untuk bernapas dan mencari makan. **Vertebrata** meliputi berbagai hewan yang telah mempunyai tulang belakang dan alat-alat tubuh berkembang lebih kompleks. Dalam filum Chordata ini, kamu hanya akan mendalami subfilum Vertebrata.

a. Ciri-Ciri Vertebrata

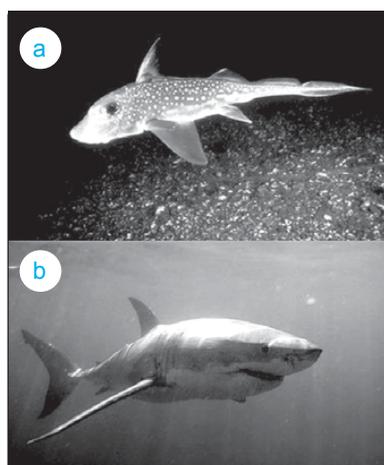
Hewan Vertebrata mempunyai tulang belakang yang berkembang dari notokord dan mempunyai saraf spinal. Tubuhnya simetri bilateral, organ tubuh dan otak dilindungi oleh tulang. Selain sebagai pelindung, tulang juga berfungsi sebagai penimbun kalsium dan fosfat dan menyokong sistem gerak hewan karena otot-otot melekat pada tulang. Tulang juga mendukung perkembangan tubuh, sehingga hewan Vertebrata mempunyai ukuran yang jauh lebih besar dibandingkan hewan Invertebrata. Vertebrata mempunyai alat tubuh yang berkembang baik yaitu alat pencernaan dari mulut hingga anus, sistem peredaran darah tertutup, alat ekskresi berupa ginjal, bernafas dengan insang atau paru-paru yang efisien, sistem koordinasi berupa sistem endokrin dan sistem saraf yang lebih kompleks, seluruh tubuh dilindungi oleh kulit, dan berkembang biak secara seksual.

b. Klasifikasi Vertebrata

Subfilum Vertebrata terdiri dari dua superkelas yaitu Agnatha dan Gnathostomata. Superkelas **Agnatha** meliputi berbagai hewan Vertebrata yang tidak mempunyai rahang, misalnya belut lamprey. Lamprey hidup di air tawar dan air laut dan hidup parasit dengan menempel dan mengisap darah ikan lain. Superkelas **Gnathostomata** meliputi berbagai hewan Vertebrata yang mempunyai rahang, dibagi menjadi enam kelas yaitu Chondrichthyes, Osteichthyes, Amphibia, Reptilia, Aves, dan Mammalia. Pada bagian ini hanya dibahas mengenai klasifikasinya saja, sedangkan organ-organ tubuhnya akan dibahas lebih mendalam di kelas XI.

1) Chondrichthyes

Chondrichthyes meliputi berbagai jenis ikan bertulang rawan yaitu berbagai hiu dan ikan pari. Karena tidak mempunyai tulang, maka hewan ini tidak mempunyai sumsum tulang tempat pembuatan darah merah, sehingga darah merah dibuat di limpa dan kelenjar di sekitar organ kelamin serta pada organ khusus yang disebut *organ leidig*. Selain itu ikan ini mempunyai organ khusus lain yang disebut *organ epigonal* yang berfungsi sebagai sistem imunitas/kekebalan. Tubuhnya mempunyai 5 – 7 celah insang yang tidak ditutupi oleh operkulum, terletak pada kedua sisi faring. Tubuhnya dilapisi kulit yang ditutupi oleh sisik plakoid. Sisik plakoid tersusun oleh bahan tulang yang dilapisi email, sehingga jika kamu meraba kulit ikan Chondrichthyes akan terasa kasar. Pada mulut ikan hiu terdapat gigi yang merupakan modifikasi sisik yang mengalami pergantian secara tak terbatas. Tidak semua ikan hiu bersifat predator. Hiu putih raksasa memakan plankton dan makhluk hidup laut kecil



Gambar 8.59 Beberapa jenis ikan Chondrichthyes: (a) ikan tikus (*Chimaera* sp.) dan (b) hiu.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

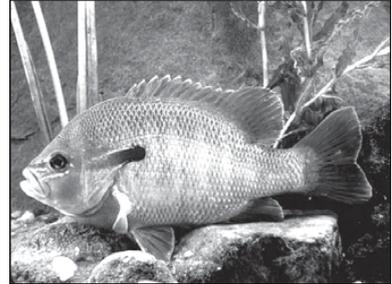
lainnya (*filter feeder*). Contoh Chondrichthyes adalah *Chimaera* sp. (ikan tikus), *Isurus oxyrinchus* (hiu Atlantik), *Eugomphodus cuvier* (hiu macan), *Pristis pectinata* (hiu gergaji), *Raja erinacea* (ikan pari), dan *Carcharodon carcharias* (hiu putih raksasa).

2) Osteichthyes

Osteichthyes meliputi berbagai jenis ikan bertulang keras atau bertulang sejati. Terdapat sekitar 29.000 jenis yang masih hidup sehingga Osteichthyes merupakan kelas terbesar dari Vertebrata. Ilmu yang mempelajari ikan dan kehidupannya disebut *iktiologi*. Bentuk tubuh, ukuran, tempat hidup, dan cara hidup bermacam-macam. Tubuhnya ditutupi oleh sisik bertipe sikloid dan stenoid. Ikan bertulang sejati mempunyai alat-alat yang berkembang baik, seperti sistem pencernaan, sistem sirkulasi dengan jantung beruang dua, alat pernapasan menggunakan insang, mempunyai otak dan sistem saraf, sistem otot, alat ekskresi berupa ginjal, dan sistem reproduksi. Ikan ini juga mempunyai *gelembung renang* berupa kantong udara pada rongga perut untuk membantu mengapung dan alat bantu pernapasan. Selain itu ikan bertulang sejati mempunyai gurat sisi atau *linea lateralis* untuk mengetahui tekanan air. Contohnya adalah *Salmo salar* (ikan salmon Atlantik), *Trichogaster trichopterus* (ikan sepat mutiara), *Scleropages formosus* (arwana), dan *Achiroides melanorhynchus* (ikan lidah).

3) Amphibia

Saat ini diketahui sekitar 6.000 jenis Amphibia yang masih hidup. Ilmu yang mempelajari Amphibia disebut *herpetologi*. Amphibia meliputi berbagai jenis katak, kodok, salamander, dan Amphibia tak berkaki. Amphibia hidup di air dan di darat (*amphibia* = dua kehidupan). Dalam daur hidupnya mengalami metamorfosis. Telur menetas menjadi kecebong yang hidup di perairan (bernapas dengan insang), kemudian kecebong tumbuh menjadi Amphibia dewasa yang hidup di darat. Amphibia yang hidup di darat bernapas dengan paru-paru dan dibantu dengan pertukaran udara melalui seluruh permukaan tubuh. Kulit Amphibia licin, tidak bersisik, dan mempunyai banyak kelenjar yang menghasilkan semacam lendir untuk membasahi kulit. Kulit yang selalu basah ini efektif untuk terjadinya pertukaran udara. Beberapa jenis katak menghasilkan racun pada kulitnya. Sistem peredaran darah tertutup dengan jantung beruang tiga (dua serambi dan satu bilik). Hewan ini bersifat *poikiloterm* yaitu suhu tubuh diatur menyesuaikan dengan suhu lingkungan. Amphibia bereproduksi secara seksual dengan fertilisasi eksternal. Contoh: *Bufo viridis* (bangkong), *Rana catesbiana* (katak sawah), *Dendrobates azureus* (katak beracun), *Salamandra salamandra*, (salamander api), dan *Notophthalmus viridescens* (kadal salamander merah).



Gambar 8.60 Ikan nila termasuk ke-
lompok Osteichthyes.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 8.61 Salah satu jenis sala-
mander, *Notophthalmus*
viridescens adalah
hewan Amphibia.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 8.62 Buaya, Reptilia liar yang hidup sebagai predator.

Sumber: Microsoft Entarca, 2006

4) Reptilia

Reptilia hidup di darat, tubuhnya ditutupi sisik yang tebal, mengandung zat keratin sehingga tidak dapat ditembus air. Sisik ini merupakan skeleton yang berfungsi sebagai pelindung tubuh. Dalam hidupnya beberapa jenis Reptilia mengalami pergantian kulit/ekdisis. Reptilia bernapas dengan paru-paru. Pada Reptilia yang hidup di perairan mempunyai kulit yang permeabel dan mempunyai insang di dekat anus. Sistem sirkulasi tertutup dengan jantung mempunyai empat ruang namun belum tersekat sempurna. Sistem saraf lebih berkembang dibandingkan Amphibia. Hewan ini berkembang biak secara seksual, bersifat ovipar atau ovovivipar. Reptilia merupakan hewan poikiloterm. Telurnya dibungkus cangkang dari zat kapur. Reptilia meliputi berbagai jenis buaya dan aligator (23 jenis dari ordo Crocodilia), tuatara yang hanya ada di Selandia Baru (2 jenis dari ordo Rhynchocephalia), berbagai cicak, kadal, dan ular (sekitar 7.000 jenis dari ordo Squamata), dan kura-kura (300 jenis dari ordo Chelonia). Beberapa ordo yang lain meliputi jenis-jenis Reptilia yang telah punah, misalnya Ichthyosauria, Pterosauria, Ornithischia, dan Therapsida.

5) Aves

Aves meliputi berbagai jenis burung. Saat ini terdapat sekitar 10.000 jenis burung yang masih hidup sehingga merupakan kelompok Vertebrata darat yang paling banyak. Tubuh burung ditutupi bulu dan kebanyakan dapat terbang, hewan *diurnal* (aktif pada siang hari) dan beberapa jenis *nokturnal* (aktif pada malam hari, misalnya burung hantu). Sayap burung dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu *plumae*, *plumulae*, dan *filoplumae*. Burung merupakan hewan *homeoterm*, yaitu hewan yang menjaga suhu tubuh selalu tetap pada kisaran tertentu meskipun suhu lingkungan berubah. Kemampuan terbang didukung oleh struktur yang disebut *pundi udara* yang berfungsi untuk membantu pernapasan ketika terbang, membantu meringankan tubuh, dan memperkeras suara burung. Makanan burung bervariasi, misalnya madu, biji, tumbuhan, serangga, ikan, mamalia, bangkai, bahkan burung lain. Beberapa jenis burung melakukan migrasi pada musim-musim tertentu untuk mendapatkan habitat yang optimal. Ciri khas kelompok burung adalah mempunyai paruh yang keras dan tidak bergigi, merupakan hewan ovipar dengan telur dilindungi cangkang yang keras, laju metabolisme tinggi, jantung terdiri dari empat ruang yang tersekat sempurna, dan mempunyai tulang yang ringan namun kuat.

Burung mempunyai ciri khas, yaitu suhu tubuh yang tidak tergantung pada lingkungan (hewan yang *homiotherm*), mempunyai sayap yang berfungsi untuk terbang dan mengerami telurnya. Contoh: *Columba livia* (merpati), *Gallus gallus* (ayam), *Struthio camelus* (burung unta), *Haliaeetus leucocephalus* (elang), dan *Leucopsar rothschildi* (jalak bali).



Gambar 8.63 Tubuh burung ditutupi bulu untuk membantu mempertahankan suhu tubuh.

Sumber: Microsoft Entarca, 2006

6) Mammalia

Mammalia meliputi sekitar 5.500 jenis hewan (termasuk manusia) yang ciri khasnya mempunyai kelenjar susu dan tubuh ditutupi oleh kulit yang berambut. Mempunyai dua pasang alat gerak yang dapat mengalami modifikasi untuk memegang, berjalan, lari, memanjat, menggali, berenang, atau terbang. Otak Mammalia berkembang lebih baik dari hewan yang lain dan membentuk struktur khas yang disebut *neokorteks*. Gigi mamalia juga mengalami diferensiasi sesuai dengan jenis makanannya. Sistem peredaran darah tertutup, jantung terdiri dari empat ruangan, dan bernapas dengan paru-paru. Embrio Mammalia berkembang di dalam rahim dan hewan betina menghasilkan susu untuk memelihara anak yang baru lahir hingga usia tertentu. Umumnya hewan Mammalia bersifat vivipar, kecuali platipus (*Ornithorhynchus sp*) bersifat ovipar. Mammalia dibagi atas beberapa ordo yaitu Monotremata (hewan berparuh yaitu platypus dan ekidna), Marsupialia (hewan berkantong, misalnya kangguru, kuskus, dan oposum), dan Placentalia (hewan yang mempunyai plasenta ketika embrio)



Gambar 8.64 Platipus, Mammalia yang bersifat ovipar.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Tugas 8.10

1. Sebutkan ciri khas filum Chordata. Mengapa ada hewan Invertebrata yang digolongkan ke dalam filum Chordata?
2. Sebutkan persamaan dan perbedaan ikan yang termasuk dalam kelompok Osteichthyes dan Chondrichthyes.

Rangkuman

- Kingdom Animalia meliputi berbagai jenis hewan eukariotik, multiseluler, sel tidak ber dinding dan tidak berklorofil, bersifat heterotrof, bergerak aktif, dan cepat tanggap terhadap rangsangan.
- Beberapa struktur hewan yang dapat digunakan sebagai dasar klasifikasi adalah jumlah lapisan tubuh, tipe selom (rongga tubuh), simetri tubuh, tipe usus, dan segmentasi tubuh.
- Kingdom Animalia dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu Invertebrata dan Vertebrata. Invertebrata meliputi hewan yang tidak mempunyai tulang belakang yaitu terdiri dari filum Porifera, Coelenterata, Platyhelminthes, Nematelminthes, Annelida, Mollusca, Arthropoda, dan Echinodermata. Vertebrata merupakan hewan yang telah mempunyai tulang belakang yang dimasukkan dalam filum Chordata meliputi Chondrichthyes, Osteichthyes, Amphibia, Reptilia, Aves, dan Mammalia.
- Porifera merupakan kelompok hewan spons yang berpori, relatif sederhana, tipe tubuh diploblastik, tidak memiliki simetri. Terdiri dari tiga kelas yaitu Calcarea, Hexatinellida, dan Demospongia.

- Coelenterata memiliki tubuh diploblastik, ada bentuk polip dan medusa, hidup soliter atau berkoloni di air tawar dan air laut. Terdiri dari tiga kelas yaitu Hydrozoa, Scyphozoa dan Anthozoa.
- Platyhelminthes meliputi berbagai cacing yang mempunyai tubuh triploblastik aselomata yang berbentuk pipih, tidak berambut, tidak bersegmen, kebanyakan bersifat parasit. Terdiri dari tiga kelas yaitu Turbellaria, Trematoda, dan Cestoda.
- Nemathelminthes merupakan kelompok cacing gilig yang mempunyai tipe tubuh triploblastik pseudoselomata, tubuhnya tidak bersegmen. Kebanyakan bersifat parasit.
- Annelida meliputi berbagai cacing yang berbentuk gilig, triploblastik selomata, tubuh beruas-ruas, ada yang berambut dan ada yang tidak, ada yang bersifat saprofit dan parasit. Terdiri dari tiga kelas yaitu Polychaeta, Oligochaeta, dan Hirudinea.
- Mollusca merupakan hewan lunak, ada yang bercangkang dari kalsium karbonat dan bermantel yang melindungi alat-alat tubuh bagian dalam. Terdiri dari lima kelas yaitu Gastropoda, Cephalopoda, Bivalvia, Amphineura, dan Scaphopoda.
- Arthropoda meliputi kelompok hewan beruas-ruas atau berbuku-buku, mempunyai rangka luar (eksoskeleton) dari zat kitin, dan kaki bersendi. Terdiri dari empat kelas yaitu Crustacea, Arachnida, Myriapoda, dan Insecta. Sebagian Arthropoda menguntungkan manusia namun banyak pula yang merugikan karena bersifat parasit dan menjadi hama.
- Echinodermata meliputi berbagai hewan berkulit duri yang semuanya hidup di laut, mempunyai sistem ambulakral, rangka tubuh berupa endoskeleton dari kepingan-kepingan kapur. Echinodermata diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu Asterozoa, Echinozoa, Ophiurozoa, Crinozoa, dan Holothurozoa.
- Chordata meliputi berbagai hewan Vertebrata dan Invertebrata yang mempunyai notokord, tali saraf dorsal, celah insang, dan ekor. Dibagi menjadi tiga subfilum yaitu Urochordata, Cephalochordata, dan Vertebrata.
- Vertebrata adalah kelompok hewan yang memiliki tulang belakang sebagai perkembangan dari notokord. Tubuh simetri bilateral, organ tubuh dilindungi rangka, mempunyai sistem otot untuk bergerak aktif, alat tubuh dan organ-organ telah berkembang dengan baik. Dibagi menjadi enam kelas yaitu Chondrichthyes, Osteichthyes, Amphibia, Reptilia, Aves, dan Mammalia.

Latihan 8

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Contoh cacing yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan di bawah ini adalah
 - a. *Hirudo medicinalis* - *Planaria*
 - b. *Pheretima* - *Haemodipso*
 - c. *Eunice viridis* - *Lycidice oele*
 - d. *Taenia solium* - *Nereis*
 - e. *Fasciola hepatica* - *Ophistorhis*
2. Karena laron memiliki dua pasang sayap tipis dengan ukuran sama dan tipe mulut menggigit, maka dimasukkan dalam ordo
 - a. Archiptera
 - b. Orthoptera
 - c. Hemiptera
 - d. Neuroptera
 - e. Diptera

3. Pada kerang air tawar, ovum yang telah dibuahi akan menetas menjadi larva yang disebut
 - a. mirasidium
 - b. glokidium
 - c. trochophor
 - d. onchosfer
 - e. sistiserkus
4. Dari jenis-jenis Mollusca berikut yang tidak memiliki cangkang adalah
 - a. Loligo (cumi-cumi)
 - b. Sotong (sepia)
 - c. Nautilus
 - d. Octopus (gurita)
 - e. keong (pila)
5. Hewan Echinodermata yang bersifat merugikan karena dapat merusak populasi kerang yang menjadi mangsanya adalah
 - a. lilia laut
 - b. bintang laut
 - c. landak laut
 - d. teripang
 - e. bintang ular
6. Pembengkakan pembuluh limfe pada kaki dapat menyebabkan kaki membengkak yang semakin lama semakin membesar. Penyumbatan ini sering disebabkan oleh cacing
 - a. *Taenia saginata*
 - b. *Oxyuris vermicularis*
 - c. *Ancylostoma duodenale*
 - d. *Fasciola hepatica*
 - e. *Wuchereria bancrofti*
7. Kemampuan autotomi dan regenerasi dimiliki hewan dari golongan
 - a. Mollusca
 - b. Annelida
 - c. Arthropoda
 - d. Coelenterata
 - e. Echinodermata
8. Tubuh udang dapat dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu
 - a. sefalotoraks – abdomen
 - b. kepala – sepalotoraks – abdomen
 - c. kepala – abdomen
 - d. kepala – toraks
 - e. kepala – toraks – abdomen
9. Kaki dan sayap capung terdapat pada bagian tubuh
 - a. toraks
 - b. kepala dan perut
 - c. abdomen
 - d. kepala
 - e. sepalotoraks
10. Ciri khas filum Chordata adalah
 - a. hidup di laut
 - b. mempunyai notokord
 - c. mempunyai tulang belakang
 - d. bernapas dengan paru-paru
 - e. sistem peredaran darah tertutup

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Bagaimanakah hewan porifera mencari makan dan mencernanya?
2. Jelaskan daur hidup cacing pita dan cara penyebarannya.
3. Jelaskan metamorfosis pada serangga. Samakah metamorfosis pada serangga dengan metamorfosis pada katak?
4. Jelaskan tipe-tipe sisik yang terdapat pada ikan.
5. Bagaimanakah perkembangan alat pernapasan, jantung, dan sistem peredaran darah pada filum Chordata dari yang paling sederhana hingga yang paling kompleks?

Isopoda Air Tawar, Biota Baru dari Maros

Tim peneliti Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) tahun 2006 melakukan ekspedisi di kawasan gua dan karst di Maros, Sulawesi Selatan. Dalam ekspedisi itu ditemukan berbagai biota baru, di antaranya isopoda air tawar *Cirolama marosiana* yang buta dan berwarna putih. Menurut Kepala Puslit Biologi LIPI, Dr. Dedy Darnaedi, isopoda ini merupakan temuan baru di dunia karena selama ini belum pernah ditemukan isopoda air tawar di dalam gua. Selain isopoda air tawar, dalam ekspedisi itu juga berhasil menemukan ikan gua, kelelawar endemik, kepiting laba-laba, kumbang, jangkrik gua, dan labah-labah gua.

Di tempat yang berbeda, tim peneliti LIPI menemukan ikan air tawar endemik yaitu *Punitas microps* yang dikategorikan hewan langka menurut IUCN 1990. Ikan ini menunjukkan telah beradaptasi dengan lingkungan gua. Hewan air lain yang ditemukan adalah udang gua (*Macrobrachium poeti*) dan kepiting gua (*Sesarmoldes jacobsoni*). Berbagai temuan hewan ini menurut Dedy mengindikasikan bahwa gua yang diteliti timnya masih dalam keadaan bagus.

Diskusikan dengan temanmu, termasuk dalam filum apakah isopoda air tawar yang ditemukan LIPI tersebut, kemudian buatlah sistem klasifikasinya. Bagaimanakah adaptasi hewan terhadap lingkungan gua? Mengapa kebanyakan hewan yang ditemukan di dalam gua kebanyakan buta dan berwarna putih atau transparan?

Sumber: *Republika*, Kamis 31 Agustus 2006

BAB

IX

Ekosistem

Kata kunci:

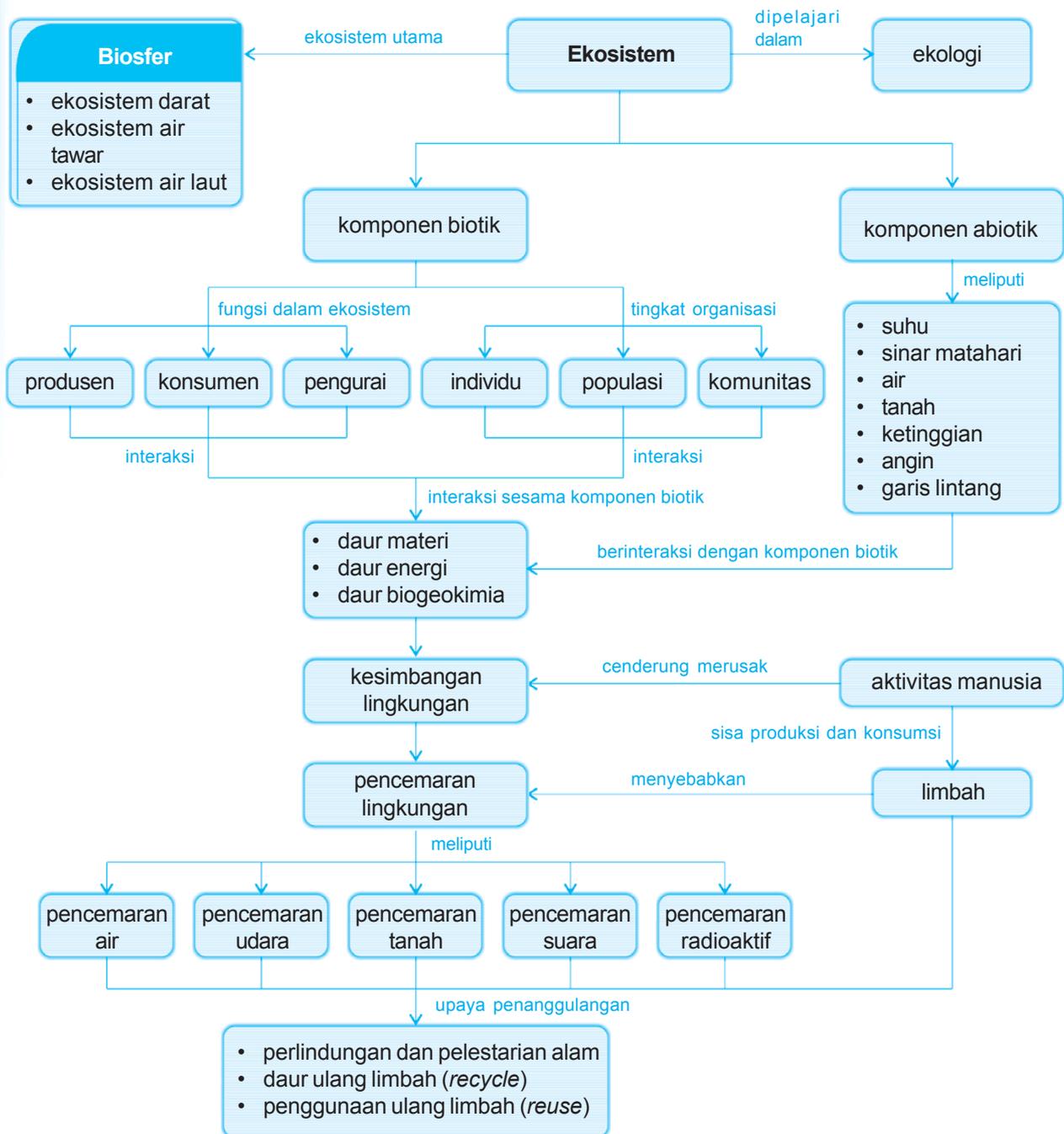
ekosistem, lingkungan, daur materi dan energi, limbah, polusi, daur ulang

Pada bab ini kamu akan mempelajari ekosistem, daur biogeokimia, pencemaran, dan membuat produk daur ulang.



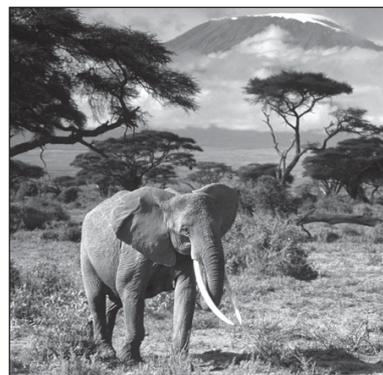
Peta Konsep

peta konsep



Kebakaran hutan di Indonesia hampir selalu terjadi setiap tahun pada musim kemarau. Kebakaran ini telah merusak habitat berbagai jenis hewan dan tumbuhan asli daerah tersebut. Ekosistem menjadi rusak dan keseimbangan alam tidak dapat dijaga. Jika keadaan ini dibiarkan berlarut-larut, tentu akan merugikan kehidupan bangsa Indonesia sendiri. Apakah yang disebut ekosistem? Bagaimanakah menjaga kelestarian lingkungan hidup?

Ekosistem merupakan kesatuan fungsional antara makhluk hidup dengan lingkungannya yang di dalamnya terdapat hubungan dan interaksi yang sangat erat dan saling memengaruhi. Ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya dalam suatu ekosistem disebut ekologi. Ekologi berasal dari bahasa Yunani yaitu *oikos* (rumah atau tempat hidup) dan *logos* (ilmu), jadi ekologi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antarmakhluk hidup dan interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya. Dalam ekologi, kamu akan mempelajari makhluk hidup sebagai satu kesatuan dengan lingkungannya.



Gambar 9.1 Dalam suatu ekosistem selalu terjadi interaksi komponen-komponen penyusunnya.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

A

Komponen Penyusun Ekosistem

Suatu ekosistem disusun oleh dua komponen utama yaitu komponen biotik meliputi berbagai jenis makhluk hidup dan komponen abiotik meliputi lingkungan fisik dan kimia (lingkungan tak hidup).

1. Komponen Biotik

Komponen biotik suatu ekosistem meliputi semua jenis makhluk hidup, baik berupa tumbuhan, hewan, jamur, maupun mikroorganisme lain. Dalam ekosistem, tumbuhan berperan sebagai produsen, hewan berperan sebagai konsumen, dan mikroorganisme berperan sebagai dekomposer. Berdasarkan peranannya, komponen biotik dibedakan menjadi komponen autotrof, heterotrof, dan pengurai.

a. Komponen autotrof

Komponen autotrof adalah organisme yang mampu mensintesis makanan sendiri berupa bahan organik dari bahan anorganik dengan bantuan energi seperti energi cahaya matahari dan kimia. Komponen autotrof berfungsi sebagai produsen yang menyediakan makanan bagi organisme heterotrof. Komponen autotrof yang utama adalah berbagai tumbuhan hijau.

b. Komponen heterotrof

Komponen heterotrof merupakan organisme yang memperoleh makanan atau bahan organik dengan memakan organisme lain atau sisa-sisanya. Organisme heterotrof tidak dapat mensintesis makanan sendiri, sehingga makanan selalu diperoleh dari organisme lain, misalnya herbivora memperoleh makanan dari tumbuh-tumbuhan dan karnivora memperoleh makanan dari mangsanya. Contoh komponen heterotrof adalah manusia, hewan, jamur, dan mikroba.

c. Detrivor dan Pengurai (dekomposer)

Detrivor adalah komponen ekosistem yang memakan detritus atau sampah, sedangkan pengurai adalah organisme heterotrof yang memperoleh makanan dengan menguraikan



Gambar 9.2 Dalam suatu ekosistem tumbuhan hijau berperan sebagai produsen.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 9.3 Jamur berperan sebagai dekomposer pada suatu ekosistem.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

bahan organik berupa sisa-sisa organisme yang telah mati. Organisme ini menyerap sebagian hasil penguraian tersebut dan melepaskan bahan-bahan yang sederhana yang dapat digunakan kembali oleh produsen. Contoh detritivor adalah cacing tanah, sedangkan contoh pengurai adalah bakteri dan jamur saprofit.

2. Komponen Abiotik

Komponen abiotik adalah segala sesuatu di luar makhluk hidup, terdiri dari komponen fisik dan kimia. Komponen fisik meliputi substrat, media, atau faktor fisik yang diperlukan untuk menunjang kehidupan, sedangkan komponen kimia berupa kondisi-kondisi yang mendukung kehidupan makhluk hidup. Beberapa komponen abiotik yang memengaruhi ekosistem adalah sebagai berikut.

- a. Suhu, berpengaruh terhadap ekosistem karena suhu merupakan syarat yang diperlukan organisme untuk hidup. Suhu memengaruhi reaksi biokimiawi yang terjadi di dalam makhluk hidup. Setiap jenis makhluk hidup memerlukan suhu optimum untuk kehidupannya sehingga ada jenis-jenis organisme yang hanya dapat hidup pada kisaran suhu tertentu. Pada hewan *poikiloterm*, suhu tubuhnya dapat berubah-ubah sesuai dengan suhu lingkungannya. Sedangkan hewan *homeoterm* suhu tubuhnya relatif tetap meskipun suhu lingkungan berubah-ubah.
- b. Sinar matahari, memengaruhi ekosistem secara global karena matahari menentukan suhu Bumi. Sinar matahari juga diperlukan oleh tumbuhan (produsen) untuk melakukan fotosintesis.
- c. Air, berpengaruh terhadap ekosistem karena air dibutuhkan untuk kelangsungan hidup organisme. Bagi tumbuhan, air diperlukan untuk tumbuh, berkecambah, dan penyebaran biji. Bagi hewan dan manusia, air diperlukan untuk minum, sarana hidup, dan tempat hidup bagi hewan air. Bagi unsur abiotik lain, misalnya tanah dan batuan, air diperlukan sebagai pelarut dan pelapuk.
- d. Tanah, merupakan tempat hidup bagi organisme. Jenis tanah yang berbeda menyebabkan organisme yang hidup didalamnya juga berbeda. Tanah juga menyediakan unsur-unsur penting bagi kehidupan organisme, terutama tumbuhan.
- e. Ketinggian tempat, menentukan jenis organisme yang hidup di tempat tersebut, karena ketinggian yang berbeda akan menghasilkan kondisi fisik dan kimia yang berbeda.
- f. Angin, selain berperan dalam menentukan kelembapan juga berperan dalam penyebaran biji tumbuhan tertentu.
- g. Garis lintang, perbedaan garis lintang menunjukkan kondisi lingkungan yang berbeda pula. Garis lintang secara tak langsung menyebabkan perbedaan distribusi organisme di permukaan bumi. Ada jenis-jenis organisme yang mampu hidup pada garis lintang tertentu saja.

Untuk memahami komponen penyusun ekosistem, lakukan **Kegiatan 9.1**.

Kegiatan 9.1

Komponen-Komponen Ekosistem

A. Tujuan

Mengenal dan memahami komponen-komponen penyusun ekosistem.

B. Alat dan Bahan

- Kuadrat berukuran 50 cm × 50 cm.
- Kantong plastik.

C. Cara Kerja

1. Lemparkan kuadrat secara acak pada lingkungan sekolah yang sudah ditentukan baik di kebun, halaman, atau taman sekolah.
2. Catat semua komponen yang terdapat di dalam kuadrat pada tabel pengamatan.
3. Untuk makhluk hidup yang belum kamu ketahui nama jenisnya, masukkan sampelnya ke dalam kantong plastik untuk diamati ciri-cirinya guna mengetahui nama dan jenisnya.
4. Ulangi langkah di atas pada tempat berbeda.

D. Tabel Pengamatan

No.	Nama Komponen	Biotik	Abiotik	Keterangan
1.
2.

E. Pertanyaan

1. Sebutkan nama lingkungan tempat kegiatan ini kamu lakukan.
2. Tuliskan benda hidup dan tak hidup di luar kuadrat yang masih berada dalam lokasi kegiatan.
3. Dari hasil pengamatanmu, jenis individu dan populasi apa yang dapat kamu temukan?
4. Tentukan jenis interaksi yang terjadi pada lingkungan di tempat kamu melakukan kegiatan.

3. Tingkatan Organisasi dalam Ekosistem

Tingkatan-tingkatan organisasi makhluk hidup di dalam ekosistem akan saling berinteraksi dan saling memengaruhi membentuk suatu sistem yang menunjukkan satu kesatuan. Secara lebih terperinci, tingkatan organisasi makhluk hidup dalam ekosistem adalah sebagai berikut.

a. Individu

Individu berasal dari kata Latin *in* (tidak) dan *dividus* (dapat dibagi), jadi individu adalah organisme tunggal yang tidak dapat dibagi-bagi lagi. Seekor rusa, seekor kucing, sebatang pohon jambu, sebatang pohon kelapa, dan seorang manusia disebut individu dalam ekosistem. Individu merupakan satuan fungsional terkecil penyusun ekosistem. Setiap individu melakukan proses hidup yang masing-masing berjalan terpisah dan berbeda dengan individu lainnya.

Di dalam lingkungan, setiap jenis selalu dihadapkan pada masalah-masalah hidup, misalnya ketersediaan makanan, ancaman predator, berkembang biak, memelihara anak, dan sebagainya. Oleh karena itu setiap jenis mengembangkan struktur dan tingkah laku tertentu yang disebut adaptasi.

b. Populasi



Gambar 9.4 Populasi impala di padang rumput.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Kumpulan individu sejenis yang hidup pada suatu daerah dan waktu tertentu disebut *populasi*. Setiap individu dalam populasi selalu tumbuh dan berkembang, sehingga populasi juga mengalami pertumbuhan. Namun demikian populasi tidak tumbuh terus menerus. Batas kemampuan ekosistem untuk mendukung kehidupan suatu populasi disebut *daya tampung* yang dipengaruhi oleh makanan, predator, ketersediaan tempat, penyakit, dan faktor lingkungan lain.

Setiap populasi mempunyai karakteristik tertentu yaitu kepadatan (*densitas*), laju kelahiran (*natalitas*), laju kematian (*mortalitas*), potensi biotik, sebaran umur, penyebaran anggota populasi, dan bentuk pertumbuhan. Natalitas dan mortalitas merupakan penentu utama pertumbuhan populasi. Selain itu dinamika populasi juga dipengaruhi oleh imigrasi dan emigrasi terutama untuk organisme yang dapat bergerak aktif. *Imigrasi* adalah masuknya satu atau lebih organisme ke dalam populasi di daerah yang berbeda. Imigrasi akan meningkatkan populasi. *Emigrasi* adalah peristiwa ditinggalkannya suatu daerah oleh satu atau lebih organisme, sehingga populasi akan menurun. Secara garis besar, imigrasi dan natalitas akan meningkatkan jumlah populasi, sedangkan mortalitas dan emigrasi akan menurunkan jumlah populasi. Populasi hewan atau tumbuhan dapat berubah, namun perubahan tidak selalu menyolok. Pertambahan atau penurunan populasi dapat menyolok bila ada gangguan drastis dari lingkungannya, misalnya adanya penyakit, bencana alam, dan wabah hama.

Ukuran populasi berubah sepanjang waktu. Perubahan ukuran dalam populasi ini disebut *dinamika populasi*. Perubahan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus perubahan jumlah dibagi waktu. Hasilnya adalah kecepatan perubahan dalam populasi. Misalnya, tahun 2001 populasi akasia di Kedungbaru adalah 700 batang. Kemudian pada tahun 2006 dihitung lagi ada 500 batang. Dari data tersebut kamu dapat mengetahui bahwa dalam waktu 2 tahun terjadi pengurangan pohon akasia sebanyak 200 batang pohon. Untuk mengetahui laju perubahan, kamu dapat membagi jumlah batang pohon yang berkurang dengan lamanya waktu pengamatan sebagai berikut.

$$\frac{700 - 500}{2006 - 2001} = \frac{200 \text{ batang}}{5 \text{ tahun}} = 40 \text{ batang/tahun}$$

Dari perhitungan di atas, kamu dapat mengambil kesimpulan bahwa rata-rata berkurangnya pohon akasia di Kedungbaru tiap tahun adalah 40 batang.

c. Komunitas

Komunitas adalah kumpulan dari berbagai populasi yang hidup pada suatu waktu dan daerah tertentu yang saling berinteraksi dan memengaruhi satu sama lain. Jadi organisme dalam suatu ekosistem saling berhubungan dan berinteraksi. Selain itu, lingkungan juga memengaruhi kehidupan organisme.

d. Ekosistem

Antara komunitas dan lingkungannya selalu terjadi interaksi. Interaksi ini menciptakan kesatuan ekologi yang disebut ekosistem. Komponen penyusun ekosistem adalah produsen (tumbuhan hijau), konsumen (herbivora, karnivora, dan omnivora), dan dekomposer/pengurai (mikroorganisme). Hal-hal yang menyebabkan suatu ekosistem berbeda dengan ekosistem yang lain adalah jumlah dan jenis produsen, jumlah dan jenis konsumen, keragaman mikroorganisme, jumlah dan macam komponen abiotik, kompleksitas interaksi, dan berlangsungnya berbagai proses dalam suatu ekosistem.

Tugas 9.1

1. Jelaskan pengertian ekosistem dan sebutkan komponen penyusun ekosistem beserta fungsinya.
2. Sebutkan tingkatan organisasi dalam ekosistem.

B

Interaksi Antarkomponen Ekosistem

Komponen ekosistem selalu berhubungan dan berinteraksi menurut dinamika tertentu. Interaksi antarkomponen ekologi dapat merupakan interaksi antarorganisme, antarpopulasi, dan antarkomunitas.

1. Interaksi Antarorganisme

Semua makhluk hidup selalu bergantung kepada makhluk hidup yang lain. Tiap individu akan selalu berhubungan dengan individu lain yang sejenis atau lain jenis, baik individu dalam satu populasinya atau individu-individu dari populasi lain. Interaksi demikian banyak kita lihat di sekitar kita. Interaksi antarorganisme dapat dikategorikan sebagai berikut.

- a. **Netral**, yaitu hubungan tidak saling mengganggu antarorganisme dalam habitat yang sama yang bersifat tidak menguntungkan dan tidak merugikan kedua belah pihak, disebut netral. Contohnya antara capung dan sapi.
- b. **Predasi**, yaitu hubungan antara mangsa dan pemangsa (predator). Hubungan ini sangat erat sebab tanpa mangsa, predator tak dapat hidup. Sebaliknya, predator juga berfungsi sebagai pengontrol populasi mangsa. Contoh harimau dengan mangsanya yaitu rusa, burung hantu dengan tikus.



Gambar 9.5 Hubungan antara harimau dan rusa adalah predasi.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 9.6 Simbiosis mutualisme terjadi antara kupu dengan bunga.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

- c. **Parasitisme**, yaitu hubungan antarorganisme yang berbeda spesies, bila salah satu organisme hidupnya tergantung pada organisme lain dan mengambil makanan dari hospes/inangnya sehingga bersifat merugikan inangnya. Contoh *Plasmodium* dengan manusia, *Taenia saginata* dengan sapi, dan benalu dengan pohon inang.
- d. **Komensalisme**, yaitu hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies dalam bentuk kehidupan bersama untuk berbagi sumber makanan, jadi salah satu spesies diuntungkan dan spesies lainnya tidak dirugikan. Contohnya anggrek dengan pohon yang ditumpanginya.
- e. **Mutualisme**, yaitu hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies yang saling menguntungkan kedua belah pihak. Contoh bakteri *Rhizobium* yang hidup pada bintil akar kacang-kacangan, kupu dengan bunga, dan sebagainya.

2. Interaksi Antarpopulasi

Antara populasi yang satu dengan populasi lain selalu terjadi interaksi secara langsung atau tidak langsung dalam komunitasnya. Contoh interaksi antarpopulasi adalah sebagai berikut.

- a. **Alelopati**, merupakan interaksi antarpopulasi, bila populasi yang satu menghasilkan zat yang dapat menghalangi tumbuhnya populasi lain. Contohnya, di sekitar pohon walnut jarang ditumbuhi tumbuhan lain karena tumbuhan ini menghasilkan zat yang bersifat toksik. Pada mikroorganisme, istilah alelopati dikenal sebagai *anabiosa*. Contoh, jamur *Penicillium* sp. dapat menghasilkan antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri tertentu.
- b. **Kompetisi**, merupakan interaksi antarpopulasi, bila antarpopulasi terdapat kepentingan yang sama sehingga terjadi persaingan untuk mendapatkan apa yang diperlukan. Contoh, persaingan antara populasi kambing dengan populasi sapi di padang rumput.

3. Interaksi Antarkomunitas

Komunitas adalah kumpulan berbagai populasi yang ada di suatu daerah yang sama dan saling berinteraksi. Contoh komunitas adalah komunitas sawah dan sungai. Komunitas sawah disusun oleh bermacam-macam organisme, misalnya padi, belalang, burung, ular, dan gulma. Komunitas sungai terdiri dari ikan, ganggang, zooplankton, fitoplankton, dan dekomposer. Antara komunitas sungai dan sawah terjadi interaksi dalam bentuk peredaran nutrien dari air sungai ke sawah dan peredaran organisme hidup dari kedua komunitas tersebut.

Interaksi antarkomunitas cukup kompleks karena tidak hanya melibatkan organisme, tapi juga aliran energi dan makanan. Interaksi antarkomunitas dapat kita amati, misalnya pada daur karbon. Daur karbon melibatkan ekosistem yang berbeda misalnya laut dan darat.

4. Interaksi Antara Komponen Biotik dengan Abiotik

Interaksi antara komponen biotik dengan abiotik membentuk ekosistem. Hubungan antara organisme dengan lingkungannya menyebabkan terjadinya aliran energi dalam sistem itu. Selain aliran energi, di dalam ekosistem terdapat juga struktur atau tingkat trofik, keanekaragaman biotik, serta daur materi.

Dengan adanya interaksi-interaksi tersebut, suatu ekosistem dapat mempertahankan keseimbangannya. Pengaturan untuk menjamin terjadinya keseimbangan ini merupakan ciri khas suatu ekosistem. Apabila keseimbangan ini tidak diperoleh maka akan mendorong terjadinya dinamika perubahan ekosistem untuk mencapai keseimbangan baru.

Untuk memahami pola-pola interaksi dalam ekosistem, lakukan **Kegiatan 9.2**.



Kegiatan 9.2

Pola-Pola Interaksi

A. Tujuan

Mempelajari hubungan saling ketergantungan antara komponen biotik dan abiotik.

B. Alat dan Bahan

1. Lup
2. Alat tulis
3. Halaman sekolah, halaman rumah, atau tempat lain.

C. Cara Kerja

1. Bentuklah kelompok beranggotakan empat atau lima orang.
2. Pergilah ke lingkungan sekolah, rumah, atau tempat lain di sekitarmu. Amatilah semua makhluk hidup yang ada di lingkungan itu. Kamu dapat menggunakan lup untuk memperjelas pengamatan makhluk hidup yang berukuran kecil.
3. Tulislah semua makhluk hidup dan tidak hidup yang ada pada tabel pengamatan.

D. Hasil Pengamatan

No.	Komponen Biotik
1.
2.
3.

No.	Komponen Abiotik
1.
2.
3.

E. Pertanyaan

1. Adakah hubungan antara komponen biotik dengan komponen abiotik pada pengamatanmu di atas? Jika ada gambarlah hubungan antara komponen yang ditemukan dalam diagram alur.
2. Adakah kemungkinan untuk menggabungkan beberapa diagram alur yang dihasilkan oleh masing-masing kelompok? Mengapa demikian?
3. Jelaskan pengelompokan komponen biotik di suatu ekosistem berdasarkan cara memperoleh makanan.
4. Buatlah skema rantai makanan sesuai dengan hasil pengamatanmu.
5. Berdasarkan hasil kegiatanmu, apa yang dimaksud dengan interaksi?

Tugas 9.2

1. Jelaskan interaksi yang terjadi antarkomponen biotik dalam suatu ekosistem.
2. Mengapa komponen biotik suatu ekosistem sangat dipengaruhi oleh komponen abiotiknya?

C Jenis-Jenis Ekosistem

Ekosistem merupakan suatu interaksi yang kompleks dan memiliki penyusun yang beragam. Di bumi ada berbagai macam ekosistem. Secara garis besar ekosistem dibedakan menjadi ekosistem darat dan ekosistem perairan. Ekosistem perairan meliputi ekosistem air tawar dan ekosistem air laut.

1. Ekosistem Darat

Ekosistem darat ialah ekosistem yang lingkungan fisiknya berupa daratan. Berdasarkan letak geografisnya (garis lintangnya), ekosistem darat dibedakan menjadi beberapa bioma, yaitu sebagai berikut.

a. Bioma Gurun

Beberapa bioma gurun terdapat di daerah tropis (sepanjang garis balik) yang berbatasan dengan padang rumput. Ciri-ciri bioma gurun adalah gersang dan curah hujan rendah (25 cm/tahun). Suhu siang hari tinggi (bisa mencapai 45°C) sehingga penguapan juga tinggi, sedangkan malam hari suhu sangat rendah (bisa mencapai 0°C). Perbedaan suhu antara siang dan malam sangat besar. Tumbuhan semusim yang terdapat di gurun berukuran kecil. Selain itu, di gurun dijumpai pula tumbuhan menahun berdaun seperti duri atau tak berdaun dan memiliki akar panjang serta mempunyai jaringan untuk menyimpan air, contohnya kaktus. Hewan yang hidup di gurun antara lain rodentia, ular, kadal, katak, dan kalajengking.

b. Bioma Padang Rumput

Bioma ini terdapat di daerah yang terbentang dari daerah tropis ke subtropis. Ciri-cirinya adalah curah hujan kurang lebih 25 – 30 cm per tahun dan hujan turun tidak teratur. Porositas (peresapan air) tinggi dan drainase (aliran air) cepat. Tumbuhan yang ada terdiri atas tumbuhan teruna (herba) dan rumput yang keduanya tergantung pada kelembapan. Hewannya antara lain bison, zebra, singa, anjing liar, serigala, gajah, jerapah, kangguru, serangga, tikus, dan ular

c. Bioma Hutan Basah

Bioma hutan basah terdapat di daerah tropis dan subtropis. Ciri-cirinya adalah curah hujan 200 – 225 cm per tahun. Spesies pepohonan relatif banyak, jenisnya berbeda antara satu dengan yang lainnya tergantung letak geografisnya. Tinggi pohon utama antara 20 – 40 m, cabang-cabang pohon



Gambar 9.7 Bioma hutan basah mempunyai curah hujan tinggi.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

tinggi dan berdaun lebat hingga membentuk tudung (kanopi). Daerah tudung ini cukup mendapat sinar matahari. Dalam hutan basah terjadi perubahan iklim mikro (iklim yang langsung terdapat di sekitar organisme). Variasi suhu dan kelembapan cukup tinggi dengan suhu rata-rata harian 25°C. Dalam hutan basah tropis sering terdapat tumbuhan khas, yaitu liana (rotan), kaktus, dan anggrek sebagai epifit. Hewan yang menghuni antara lain, kera, burung, badak, babi hutan, harimau, dan burung hantu.

d. Bioma Hutan Gugur

Bioma hutan gugur terdapat di daerah beriklim sedang. Ciri-cirinya adalah curah hujan merata sepanjang tahun. Terdapat di daerah yang mengalami empat musim (dingin, semi, panas, dan gugur). Jenis pohon sedikit dan tidak terlalu rapat. Hewannya antara lain rusa, beruang, rubah, bajing, burung pelatuk, dan rakoon (sebangsa luwak).

e. Bioma Taiga

Bioma taiga terdapat di belahan bumi sebelah utara dan di pegunungan daerah tropis. Ciri-cirinya adalah suhu di musim dingin rendah. Biasanya taiga merupakan hutan yang tersusun atas satu spesies seperti konifer, pinus, dan sejenisnya. Semak dan tumbuhan basah sedikit sekali. Hewannya antara lain moose, beruang hitam, ajag, dan burung-burung yang bermigrasi ke selatan pada musim gugur.

f. Bioma Tundra

Bioma tundra terdapat di belahan bumi sebelah utara di dalam lingkaran kutub utara dan terdapat di puncak-puncak gunung tinggi. Pertumbuhan tanaman di daerah ini hanya 60 hari. Contoh tumbuhan yang dominan adalah *Sphagnum*, lumut kerak, tumbuhan biji semusim, tumbuhan kayu yang pendek, dan rumput. Pada umumnya, tumbuhannya mampu beradaptasi dengan keadaan yang dingin. Hewan yang hidup di daerah ini ada yang menetap dan ada yang datang pada musim panas, semuanya berdarah panas. Hewan yang menetap memiliki rambut atau bulu yang tebal, contohnya rusa kutub, beruang kutub, dan serangga terutama nyamuk dan lalat hitam.



Gambar 9.8 Beruang kutub, salah satu jenis hewan yang menghuni bioma tundra.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

2. Ekosistem Air Tawar

Ciri-ciri ekosistem air tawar antara lain variasi suhu tidak menyolok, penetrasi cahaya kurang, dan terpengaruh oleh iklim dan cuaca. Tumbuhan yang banyak ditemukan adalah jenis ganggang, sedangkan lainnya tumbuhan biji. Hampir semua filum hewan terdapat dalam air tawar. Organisme yang hidup di air tawar pada umumnya telah beradaptasi. Adaptasi tumbuhan air tawar mikroskopis yaitu dengan bersel satu dan dinding selnya kuat seperti beberapa alga biru dan alga hijau. Tumbuhan tingkat tinggi, seperti teratai (*Nymphaea gigantea*) mempunyai akar jangkar (akar sulur). Hewan dan tumbuhan rendah yang hidup di habitat air, tekanan osmosisnya sama dengan tekanan osmosis lingkungan atau bersifat isotonis.



Gambar 9.9 Teratai hidup di ekosistem air tawar

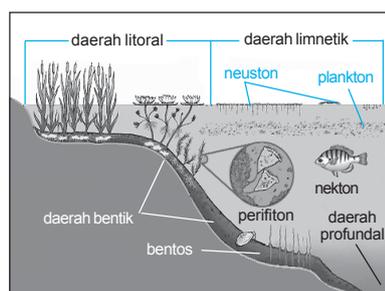
Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Adaptasi hewan air tawar, misalnya ikan dalam mengatasi perbedaan tekanan osmosis melakukan osmoregulasi untuk memelihara keseimbangan air dalam tubuhnya melalui sistem ekskresi, insang, dan pencernaan.

Habitat air tawar merupakan perantara habitat laut dan habitat darat. Berdasarkan kebiasaan hidup, organisme air tawar dibedakan sebagai berikut.

- Plankton, terdiri atas fitoplankton dan zooplankton; biasanya melayang-layang (bergerak pasif) mengikuti gerak aliran air.
- Nekton, hewan yang aktif berenang dalam air, misalnya ikan.
- Neuston, organisme yang mengapung atau berenang di permukaan air atau bertempat pada permukaan air, misalnya serangga air.
- Perifiton, merupakan tumbuhan atau hewan yang melekat pada tumbuhan atau benda lain, misalnya siput.
- Bentos, hewan dan tumbuhan yang hidup di dasar atau hidup pada endapan. Bentos dapat *sessil* (melekat) atau bergerak bebas, misalnya cacing dan remis.

Ekosistem air tawar digolongkan menjadi air tenang dan air mengalir. Ekosistem air tenang meliputi danau dan rawa, sedangkan ekosistem air mengalir adalah sungai.



Gambar 9.10 Pembagian daerah ekosistem danau.

Sumber: *Encyclopaedia Britannica*, 1996

a. Danau

Danau merupakan suatu badan air yang menggenang dan luasnya mulai dari beberapa meter persegi hingga ratusan meter persegi. Di danau terdapat pembagian daerah berdasarkan penetrasi cahaya matahari. Daerah yang dapat ditembus cahaya matahari sehingga terjadi fotosintesis disebut daerah *fitik*. Daerah yang tidak tertembus cahaya matahari disebut daerah *afotik*. Di danau juga terdapat daerah perubahan temperatur yang drastis atau *termoklin*. Termoklin memisahkan daerah yang hangat di atas dengan daerah dingin di dasar.

Komunitas tumbuhan dan hewan tersebar di danau sesuai dengan kedalaman dan jaraknya dari tepi. Berdasarkan hal tersebut danau dibagi menjadi 4 daerah sebagai berikut.

- 1) Daerah litoral, merupakan daerah dangkal. Cahaya matahari menembus dengan optimal. Air yang hangat berdekatan dengan tepi. Tumbuhannya merupakan tumbuhan air yang berakar dengan daun ada yang mencuat ke atas permukaan air.

Komunitas organisme sangat beragam termasuk jenis-jenis ganggang yang melekat (khususnya diatom), berbagai siput dan remis, serangga, Crustacea, ikan, amfibi, reptil air dan semiair seperti kura-kura dan ular, itik dan angsa, dan beberapa mamalia yang sering mencari makan di danau.

- 2) Daerah limnetik, merupakan daerah air bebas yang jauh dari tepi dan masih dapat ditembus sinar matahari. Daerah ini dihuni oleh berbagai fitoplankton, termasuk ganggang dan sianobakteri. Ganggang berfotosintesis dan

bereproduksi dengan kecepatan tinggi selama musim panas dan musim semi. Zooplankton yang sebagian besar termasuk Rotifera dan udang-udangan kecil memangsa fitoplankton. Zooplankton dimakan oleh ikan-ikan kecil. Ikan kecil dimangsa oleh ikan yang lebih besar, kemudian ikan besar dimangsa ular, kura-kura, dan burung pemakan ikan.

- 3) Daerah profundal, merupakan daerah yang dalam, yaitu daerah afotik. Organisme yang ada hidup dengan mendekomposisi detritus yang jatuh dari daerah limnetik. Organisme yang menghuni adalah cacing dan mikroba.
- 4) Daerah bentik, merupakan daerah dasar danau tempat terdapatnya bentos dan sisa-sisa organisme mati.

Berdasarkan produksi materi organiknya, terdapat dua macam danau yaitu danau oligotropik dan danau eutropik. *Danau oligotropik* merupakan danau yang dalam dan kekurangan makanan, karena fitoplankton di daerah limnetik tidak produktif. Ciri-cirinya, airnya jernih sekali, dihuni oleh sedikit organisme, dan di dasar air banyak terdapat oksigen sepanjang tahun. *Danau eutropik* merupakan danau yang dangkal dan kaya akan kandungan makanan, karena fitoplankton sangat produktif. Ciri-cirinya adalah airnya keruh, terdapat bermacam-macam organisme, dan oksigen terdapat di daerah profundal. Danau oligotrofik dapat berkembang menjadi danau eutrofik akibat adanya materi-materi organik yang masuk dan endapan. Perubahan ini juga dapat dipercepat oleh aktivitas manusia, misalnya dari sisa-sisa pupuk buatan pertanian dan timbunan sampah kota yang memperkaya danau dengan buangan sejumlah nitrogen dan fosfor. Akibatnya terjadi ledakan populasi ganggang atau *blooming*, sehingga terjadi produksi detritus yang berlebihan yang akhirnya menghabiskan suplai oksigen di danau tersebut. Pengkayaan danau seperti ini disebut *eutrofikasi*. Eutrofikasi menyebabkan air tidak dapat digunakan lagi dan mengurangi nilai keindahan danau.

b. Sungai

Sungai adalah suatu badan air yang mengalir ke satu arah. Air sungai dingin dan jernih serta mengandung sedikit sedimen dan makanan. Aliran air dan gelombang secara konstan memberikan oksigen pada air. Suhu air bervariasi sesuai dengan ketinggian dan garis lintang.

Komunitas yang berada di sungai berbeda dengan danau. Air sungai yang mengalir deras tidak mendukung keberadaan komunitas plankton, karena akan terbawa arus. Sebagai gantinya terjadi fotosintesis dari ganggang yang melekat dan tanaman berakar, sehingga dapat mendukung rantai makanan. Organisme sungai dapat bertahan tidak terbawa arus karena mengalami adaptasi evolusioner. Misalnya bertubuh tipis dorsoventral dan dapat melekat pada batu. Beberapa jenis serangga yang hidup di sisi-sisi hilir menghuni habitat kecil yang bebas dari pusaran air.



Gambar 9.11 Sungai mengalir ke satu arah, biasanya mengandung sedikit sedimen dan makanan.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

3. Ekosistem Air Laut

Ekosistem air laut dibedakan atas lautan, pantai, estuari, dan terumbu karang.

a. Ekosistem Laut



Gambar 9.12 Ekosistem laut dicirikan dengan kadar garam yang tinggi.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Habitat laut (oseanik) ditandai oleh salinitas (kadar garam) yang tinggi terutama di daerah laut tropis, karena suhunya tinggi dan penguapan besar. Di daerah tropis, suhu air laut sekitar 25°C. Perbedaan suhu bagian atas dan bawah tinggi. Batas antara lapisan air yang panas di bagian atas dengan air yang dingin di bagian bawah disebut daerah *termoklin*.

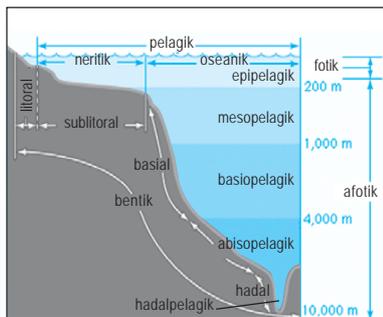
Di daerah dingin, suhu air laut merata sehingga air dapat bercampur, akibatnya daerah permukaan laut tetap subur sehingga banyak plankton dan ikan. Gerakan air dari pantai ke tengah menyebabkan air bagian atas turun ke bawah dan sebaliknya, sehingga memungkinkan terbentuknya rantai makanan yang berlangsung baik. Habitat laut dapat dibedakan berdasarkan kedalaman dan wilayah permukaan secara horizontal. Menurut kedalamannya, ekosistem air laut dibagi menjadi beberapa daerah, yaitu sebagai berikut.

- 1) *Litoral* merupakan daerah yang berbatasan dengan darat.
- 2) *Neretik* merupakan daerah yang masih dapat ditembus cahaya matahari sampai bagian dasar yang dalamnya ± 300 meter.
- 3) *Basial* merupakan daerah yang dalamnya berkisar antara 200 – 2.500 m
- 4) *Abisal* merupakan daerah yang lebih dalam, yaitu antara 1.500 – 10.000 m.

Menurut wilayah permukaan secara horizontal, berturut-turut dari tepi laut semakin ke tengah, laut dibedakan sebagai berikut.

- 1) *Epipelagik* merupakan daerah antara permukaan dengan kedalaman air sekitar 200 m.
- 2) *Mesopelagik* merupakan daerah dibawah epipelagik dengan kedalaman 200 – 1.000 m. Hewan yang hidup misalnya ikan hiu.
- 3) *Basiopelagik* merupakan daerah lereng benua dengan kedalaman 200 – 2.500 m. Hewan yang hidup di daerah ini misalnya gurita.
- 4) *Abisopelagik* merupakan daerah dengan kedalaman mencapai 4.000 m, tidak terdapat tumbuhan tetapi hewan masih ada hewan yang hidup. Sinar matahari tidak mampu menembus daerah ini.
- 5) *Hadal pelagik* merupakan bagian laut terdalam (dasar), dengan kedalaman lebih dari 6.000 m. Ikan laut yang hidup di bagian ini umumnya dapat mengeluarkan cahaya. Sebagai produsen di tempat ini adalah bakteri kemosintesis.

Di laut, hewan dan tumbuhan tingkat rendah memiliki tekanan osmosis sel yang hampir sama dengan tekanan osmosis air laut. Hewan tingkat tinggi beradaptasi dengan



Gambar 9.13 Pembagian daerah ekosistem air laut.

Sumber: Encyclopedia Britannica, 2006

cara banyak minum air, pengeluaran urin sedikit, dan pengeluaran air dengan cara osmosis melalui insang. Garam yang berlebihan diekskresikan melalui insang secara aktif.

b. Ekosistem Pantai

Ekosistem pantai letaknya berbatasan dengan ekosistem darat, laut, dan daerah pasang surut. Ekosistem pantai dipengaruhi oleh daur harian pasang surut laut. Organisme yang hidup di pantai memiliki adaptasi struktural sehingga dapat melekat erat di substrat keras. Daerah pantai paling atas hanya terendam saat pasang naik tertinggi. Daerah ini dihuni oleh beberapa jenis ganggang, moluska, dan remis yang menjadi makanan bagi kepiting dan burung pantai. Daerah pantai bagian tengah terendam saat pasang tertinggi dan pasang terendah. Daerah ini dihuni oleh ganggang, porifera, anemon laut, remis dan kerang, siput, kepiting, landak laut, bintang laut, dan ikan-ikan kecil. Daerah pantai terdalam terendam saat air pasang maupun surut. Daerah ini dihuni oleh beragam Invertebrata, ikan, dan rumput laut.

Komunitas tumbuhan berturut-turut dari daerah pasang surut ke arah darat dibedakan menjadi formasi *pescaprae* dan formasi *baringtonia*. Pada formasi *pescaprae* paling banyak ditemukan tumbuhan *Ipomoea pescaprae* yang tahan terhadap hempasan gelombang dan angin; tumbuhan ini menjalar dan berdaun tebal. Tumbuhan lainnya adalah *Spinifex littorius* (rumput angin), *Vigna sp*, *Euphorbia atoto*, dan *Canaualia martina*. Lebih ke arah darat lagi ditumbuhi *Crinum asiaticum* (bakung), *Pandanus tectorius* (pandan), dan *Scaeuola Fruescens* (babakoan). Pada formasi *baringtonia* didominasi tumbuhan *baringtonia*, termasuk di dalamnya *Wedelia*, *Thespesia*, *Terminalia*, *Guettarda*, dan *Erythrina*. Bila tanah di daerah pasang surut berlumpur, maka kawasan ini akan dihuni hutan bakau yang memiliki akar napas. Akar napas merupakan adaptasi tumbuhan di daerah berlumpur yang kurang oksigen. Selain berfungsi untuk mengambil oksigen, akar ini juga dapat digunakan sebagai penahan dari hempasan gelombang. Yang termasuk tumbuhan di hutan bakau antara lain *Nypa*, *Acathus*, *Rhizophora*, dan *Cerbera*. Jika tanah pasang surut tidak terlalu basah, pohon yang sering tumbuh adalah *Heritiera*, *Lumnitzera*, *Acgicras*, dan *Cylocarpus*.

c. Ekosistem Estuari

Estuari (muara sungai) merupakan tempat bersatunya sungai dengan laut. Estuari sering dipagari oleh lempengan lumpur intertidal yang luas atau rawa garam. Salinitas air berubah secara bertahap mulai dari daerah air tawar ke laut. Salinitas ini juga dipengaruhi oleh daur harian pasang surut. Nutrien dari sungai memperkaya estuari.

Komunitas tumbuhan yang hidup di estuari antara lain rumput rawa garam, ganggang, dan fitoplankton. Komunitas hewannya antara lain berbagai cacing, kerang, kepiting, dan ikan.



Gambar 9.14 Tanaman bakau menjadi ciri khas ekosistem pantai.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Gambar 9.15 Aliran sungai bermuara di daerah estuari, sehingga sering dijumpai endapan lumpur.

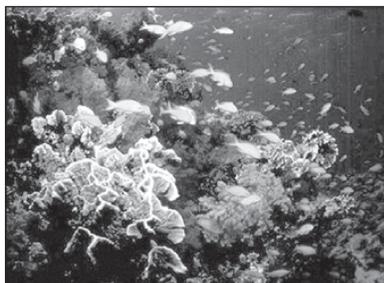
Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Bahkan ada beberapa invertebrata laut dan ikan laut yang menjadikan estuari sebagai tempat kawin atau bermigrasi untuk menuju habitat air tawar. Estuari juga merupakan tempat mencari makan bagi Vertebrata semiair, misalnya berbagai unggas air.

d. Ekosistem Terumbu Karang

Di laut tropis, pada daerah neritik terdapat suatu komunitas khusus yang terdiri dari karang dan organisme lainnya. Komunitas ini disebut terumbu karang. Daerah komunitas ini masih dapat ditembus cahaya matahari sehingga fotosintesis dapat berlangsung.

Terumbu karang didominasi oleh karang (koral) yang men-sekresikan kalsium karbonat. Rangka dari kalsium karbonat ini bermacam-macam bentuknya dan menyusun substrat tempat hidup karang lain dan ganggang. Hewan-hewan yang hidup di terumbu karang memakan organisme mikroskopis dan sisa bahan organik. Berbagai Invertebrata, mikro-organisme, dan ikan hidup di antara karang dan ganggang. Herbivora seperti siput, landak laut, dan ikan menjadi mangsa bagi gurita, bintang laut, dan ikan karnivora.



Gambar 9.16 Terumbu karang mem-bentuk ekosistem laut yang spesifik.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

4. Biosfer

Seluruh ekosistem di dunia disebut biosfer. Dalam biosfer, setiap makhluk hidup menempati lingkungan yang cocok untuk hidupnya. Lingkungan atau tempat yang cocok untuk kehidupan suatu makhluk hidup disebut *habitat*. Habitat untuk makhluk hidup berukuran kecil, seperti jamur dan bakteri diberi istilah khusus yaitu *substrat*.

Dua spesies atau lebih dapat menempati habitat yang sama, tetapi tetap memiliki *relung (nisia)* berbeda. Nisia adalah status fungsional suatu organisme dalam ekosistem. Dalam nisianya, suatu organisme akan berperan aktif, sedang-kan organisme lain yang sama habitatnya tidak dapat berperan aktif.

Tugas 9.3

1. Jelaskan perbedaan antara komunitas dengan habitat.
2. Bagaimanakah ciri-ciri tumbuhan yang hidup di eko-sistem pantai?
3. Jelaskan nisia singa di sebuah hutan tropis.

D Perubahan Ekosistem

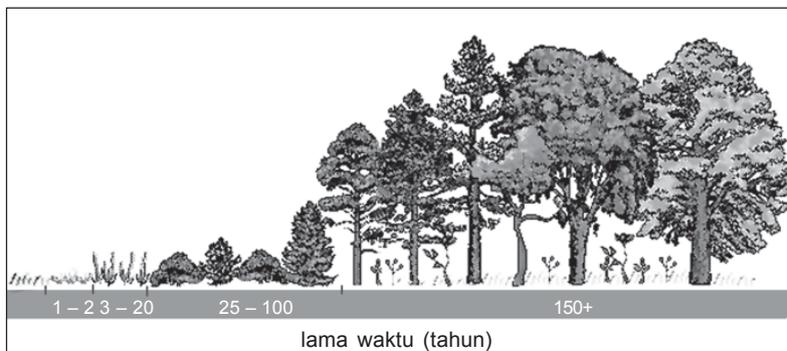
Individu penyusun populasi dalam suatu ekosistem selalu tumbuh dan berkembang. Faktor lingkungan dalam suatu ekosistem juga terus menerus mengalami perubahan. Adanya perubahan-perubahan pada populasi mendorong perubahan pada komunitas. Perubahan-perubahan yang terjadi menyebabkan

ekosistem berubah. Perubahan ekosistem akan berakhir setelah terjadi keseimbangan ekosistem. Keadaan ini merupakan klimaks dari ekosistem. Apabila pada kondisi seimbang datang gangguan dari luar, keseimbangan ini dapat mengakibatkan perubahan yang akan selalu mendorong terbentuknya keseimbangan baru.

Perkembangan ekosistem menuju kedewasaan dan keseimbangan dikenal sebagai *suksesi ekologis* atau *suksesi*. Suksesi terjadi sebagai akibat dari modifikasi lingkungan fisik dalam komunitas atau ekosistem. Proses suksesi berakhir dengan sebuah komunitas atau *ekosistem klimaks* atau telah tercapai keadaan seimbang (*homeostatis*). Di alam ini terdapat dua macam suksesi, yaitu suksesi primer dan suksesi sekunder.

a. Suksesi Primer

Suksesi primer terjadi bila komunitas asal terganggu yang mengakibatkan hilangnya komunitas asal secara total sehingga di tempat komunitas asal terbentuk habitat baru. Gangguan ini dapat terjadi secara alami, misalnya tanah longsor, letusan gunung berapi, endapan lumpur di muara sungai, dan endapan pasir di pantai. Gangguan dapat pula karena perbuatan manusia misalnya penambangan timah, batubara, dan minyak bumi. Contoh yang terdapat di Indonesia adalah terbentuknya suksesi di Gunung Krakatau yang pernah meletus pada tahun 1883. Di daerah bekas letusan gunung Krakatau mula-mula muncul pioner berupa lumut kerak (*liken*) serta tumbuhan lumut yang tahan terhadap sinar matahari dan kekeringan. Tumbuhan perintis itu mulai mengadakan pelapukan pada daerah permukaan lahan, sehingga terbentuk tanah sederhana. Bila tumbuhan perintis mati maka akan mengundang datangnya pengurai. Zat yang terbentuk karena aktivitas pengurai bercampur dengan hasil pelapukan lahan membentuk tanah yang lebih kompleks. Dengan adanya tanah ini, biji yang datang dari luar daerah dapat tumbuh dengan subur. Kemudian rumput yang tahan kekeringan tumbuh. Bersamaan dengan itu tumbuhan herba tumbuh dan menggantikan tanaman pioner dengan menaunginya. Kondisi demikian tidak menjadikan pioner subur tetapi sebaliknya akan terhambat pertumbuhannya.



Gambar 9.17 Proses terjadinya suksesi.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

Sementara itu, rumput dan belukar dengan akarnya yang kuat terus mengadakan pelapukan lahan. Bagian tumbuhan yang mati diuraikan oleh jamur sehingga keadaan tanah menjadi lebih tebal. Kemudian semak tumbuh. Tumbuhan semak menaungi rumput dan belukar sehingga terjadi kompetisi. Lama kelamaan semak menjadi dominan kemudian pohon mendesak tumbuhan belukar sehingga terbentuklah hutan. Saat itulah ekosistem disebut mencapai kesetimbangan atau dikatakan ekosistem mencapai klimaks, yakni perubahan yang terjadi sangat kecil sehingga tidak banyak mengubah ekosistem.

b. Suksesi Sekunder

Suksesi sekunder terjadi bila suatu komunitas mengalami gangguan, baik secara alami maupun buatan. Gangguan tersebut tidak merusak total tempat tumbuh organisme sehingga dalam komunitas tersebut substrat lama dan kehidupan masih ada. Contohnya, gangguan alami seperti banjir, kebakaran, angin kencang, dan gangguan buatan seperti penebangan hutan dan pembakaran padang rumput dengan sengaja.

Contoh komunitas yang menimbulkan suksesi di Indonesia antara lain tegalan-tegalan, padang alang-alang, belukar bekas ladang, dan kebun karet yang ditinggalkan tak terurus.

Tugas 9.4

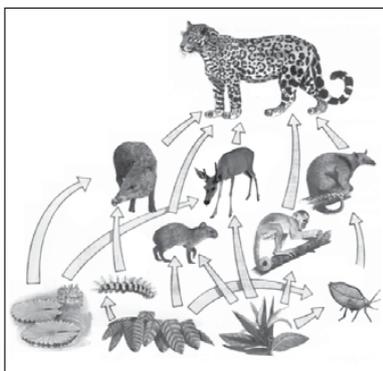
Bagaimanakah ciri-ciri ekosistem klimaks? Diskusikan dengan temanmu, mengapa pada ekosistem klimaks yang dibiarkan terus-menerus hanya akan mengalami sedikit perubahan.

E Rantai Makanan

Suatu organisme hidup akan selalu membutuhkan organisme lain dan lingkungan hidupnya. Hubungan yang terjadi antara individu dengan lingkungannya sangat kompleks, bersifat saling memengaruhi atau timbal balik. Hubungan timbal balik antara unsur-unsur hayati dengan nonhayati membentuk sistem ekologi yang disebut ekosistem. Di dalam ekosistem terjadi rantai makanan, aliran energi, dan daur biogeokimia.

Rantai makanan adalah pengalihan energi dari produsen (tumbuhan) melalui sederetan organisme dengan peristiwa makan dan dimakan. Para ilmuwan ekologi mengenal tiga macam rantai pokok, yaitu rantai pemangsa, rantai parasit, dan rantai saprofit.

1. *Rantai pemangsa*, landasan utamanya adalah tumbuhan hijau sebagai produsen. Rantai pemangsa dimulai dari hewan yang bersifat herbivora sebagai konsumen I, dilanjutkan dengan



Gambar 9.18 Rantai makanan sederhana yang terjadi di ekosistem hutan.

Sumber: Kamus Biologi Bergambar, 2006

hewan karnivora yang memangsa herbivora sebagai konsumen ke-2 dan berakhir pada hewan pemangsa karnivora maupun herbivora sebagai konsumen ke-3.

2. *Rantai parasit*, dimulai dari organisme besar hingga organisme yang hidup sebagai parasit. Contoh organisme parasit antara lain cacing, bakteri, dan benalu.
3. *Rantai saprofit*, dimulai dari organisme mati ke jasad pengurai. Misalnya jamur dan bakteri.

Rantai-rantai di atas tidak berdiri sendiri tapi saling berkaitan satu dengan lainnya sehingga membentuk jaring-jaring makanan.

1. Rantai Makanan dan Tingkat Trofik

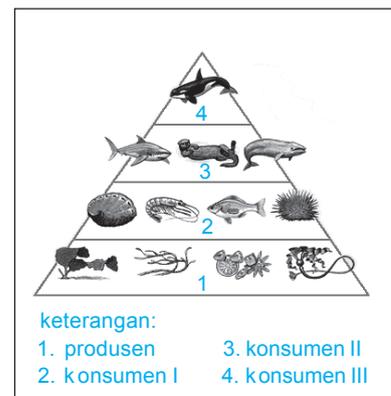
Salah satu cara suatu komunitas berinteraksi adalah dengan peristiwa makan dan dimakan, sehingga terjadi pemindahan energi, elemen kimia, dan komponen lain dari satu bentuk ke bentuk lain di sepanjang rantai makanan. Organisme dalam kelompok ekologis yang terlibat dalam rantai makanan digolongkan dalam tingkat-tingkat trofik. Tingkat trofik tersusun dari seluruh organisme pada rantai makanan yang bernomor sama dalam tingkat memakan. Sumber asal energi adalah matahari. Tumbuhan yang menghasilkan gula lewat proses fotosintesis hanya memakai energi matahari dan CO₂ dari udara. Oleh karena itu, tumbuhan tersebut digolongkan dalam tingkat trofik pertama. Hewan herbivora atau organisme yang memakan tumbuhan termasuk anggota tingkat trofik kedua. Karnivora yang secara langsung memakan herbivora termasuk tingkat trofik ketiga, sedangkan karnivora yang memakan karnivora di tingkat trofik tiga termasuk dalam anggota tingkat trofik keempat. Demikian seterusnya hingga tingkat trofik tertinggi.

2. Piramida Ekologi

Struktur trofik pada ekosistem dapat disajikan dalam bentuk piramida ekologi. Ada 3 jenis piramida ekologi, yaitu piramida jumlah, piramida biomassa, dan piramida energi.

a. Piramida Jumlah

Organisme dengan tingkat trofik masing-masing dapat disajikan dalam piramida jumlah. Organisme di tingkat trofik pertama biasanya paling melimpah, sedangkan organisme di tingkat trofik kedua, ketiga, dan selanjutnya makin berkurang. Dapat dikatakan bahwa pada kebanyakan komunitas normal, jumlah tumbuhan selalu lebih banyak daripada organisme herbivora. Demikian pula jumlah herbivora selalu lebih banyak daripada jumlah karnivora tingkat 1. Karnivora tingkat 1 juga selalu lebih banyak daripada karnivora tingkat 2. Piramida jumlah dibuat berdasarkan jumlah organisme di tiap tingkat trofik.



Gambar 9.19 Piramida ekologi yang menunjukkan struktur trofik pada suatu ekosistem air laut.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006

b. Piramida Biomassa

Seringkali piramida jumlah yang sederhana kurang membantu dalam memperagakan aliran energi dalam ekosistem. Penggambaran yang lebih realistis dapat disajikan dengan piramida biomassa. Biomassa adalah ukuran berat materi hidup di waktu tertentu. Untuk mengukur biomassa di tiap tingkat trofik, maka rata-rata berat organisme di tiap tingkat harus diukur kemudian jumlah organisme di tiap tingkat diperkirakan. Piramida biomassa berfungsi untuk menggambarkan perpaduan massa seluruh organisme di habitat tertentu yang diukur dalam gram.

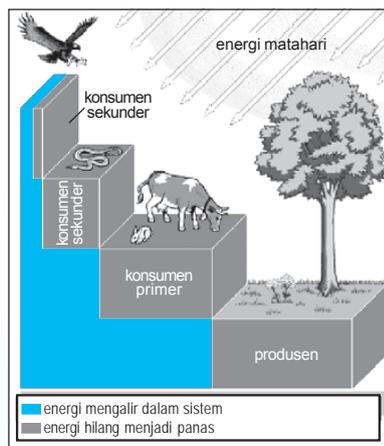
Untuk menghindari kerusakan habitat, biasanya hanya diambil sedikit sampel dan diukur, kemudian total seluruh biomassa dihitung. Dengan pengukuran seperti ini akan didapat informasi yang lebih akurat tentang apa yang terjadi pada ekosistem.

c. Piramida Energi

Seringkali piramida biomassa tidak selalu memberi informasi yang dibutuhkan untuk menggambarkan suatu ekosistem. Oleh karena itu dibuat piramida energi berdasarkan observasi yang dilakukan dalam waktu yang lebih lama. Piramida energi mampu memberikan gambaran paling akurat tentang aliran energi dalam ekosistem.

Pada piramida energi terjadi penurunan sejumlah energi berturut-turut yang tersedia di tiap tingkat trofik. Berkurangnya energi yang terjadi di setiap trofik terjadi karena hal-hal berikut.

- 1) Hanya sejumlah makanan tertentu yang ditangkap dan dimakan oleh tingkat trofik selanjutnya.
- 2) Beberapa makanan yang dimakan tidak bisa dicerna dan dikeluarkan sebagai sampah.
- 3) Hanya sebagian makanan yang dicerna menjadi bagian dari tubuh organisms, sedangkan sisanya digunakan sebagai sumber energi.



Gambar 9.20 Aliran energi, menunjukkan energi yang mengalir dalam sistem dan yang hilang.

Sumber: *Encyclopaedia Britannica*, 1996

3. Aliran Energi

Energi dapat diartikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Energi diperoleh organisme dari makanan yang dikonsumsi dan dipergunakan untuk aktivitas hidupnya.

Cahaya matahari merupakan sumber energi utama bagi kehidupan di Bumi. Tumbuhan berklorofil memanfaatkan cahaya matahari untuk berfotosintesis. Organisme yang menggunakan energi cahaya untuk merubah zat anorganik menjadi zat organik disebut *fotoautotrof*. Organisme yang menggunakan energi yang didapat dari reaksi kimia untuk membuat makanan disebut kemoautotrof

Energi yang tersimpan dalam makanan inilah yang digunakan oleh konsumen untuk aktivitas hidupnya. Pembebasan energi yang tersimpan dalam makanan dilakukan

dengan cara oksidasi (respirasi). Golongan organisme autotrof merupakan makanan penting bagi organisme heterotrof, yaitu organisme yang tidak dapat membuat makanan sendiri misalnya manusia, hewan, dan bakteri tertentu. Makanan organisme heterotrof berupa bahan organik. Aliran energi merupakan rangkaian urutan pemindahan bentuk energi satu ke bentuk energi yang lain dimulai dari sinar matahari lalu ke produsen, konsumen primer, konsumen tingkat tinggi, sampai ke saproba di dalam tanah. Daur ini berlangsung dalam ekosistem.

Untuk memahami rantai makanan dan jaring-jaring makanan, lakukan **Kegiatan 9.3**.



Kegiatan 9.2

Rantai Makanan dan Jaring-Jaring Makanan

A. Tujuan

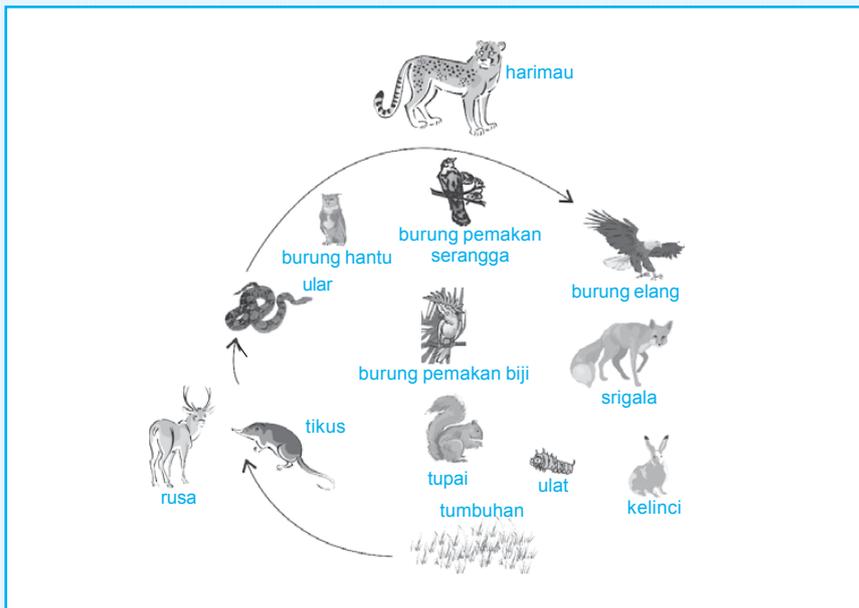
Memahami rantai makanan dan jaring-jaring makanan.

B. Alat dan Bahan

Gambar jaring-jaring makanan

C. Cara Kerja

Pelajari dan lengkapilah gambar jaring-jaring makanan di bawah ini, kemudian jawablah pertanyaannya.



D. Pertanyaan

1. Berdasarkan gambar di atas, apa yang dimaksud dengan jaring-jaring makanan?
2. Berapakah rantai makanan yang mungkin terjadi pada gambar tersebut?
3. Sebutkan makhluk hidup yang berperan sebagai produsen, konsumen I, konsumen II, dan konsumen III pada gambar di atas.
4. Bagaimanakah hubungan antarmakhluk hidup dalam satu spesies dan berbeda spesies? Jelaskan.
5. Bilamana taraf trofik dalam suatu rantai makanan berhenti? Jelaskan.

Tugas 9.5

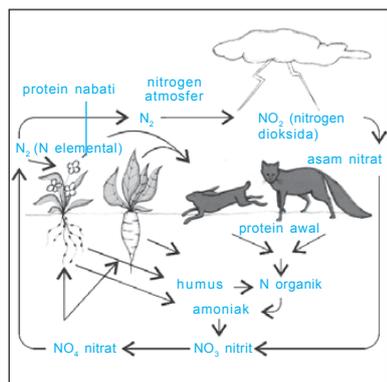
1. Sebutkan rantai makanan yang mungkin terjadi di sebuah padang pasir.
2. Jelaskan perpindahan energi dan materi dalam suatu ekosistem antara satu tingkat trofik ke tingkat trofik lainnya.

F Daur Biogeokimia

Materi yang menyusun tubuh organisme berasal dari bumi. Materi yang berupa unsur-unsur terdapat dalam senyawa kimia yang merupakan materi dasar makhluk hidup dan tak hidup.

Daur biogeokimia atau daur organik-anorganik adalah daur unsur atau senyawa kimia yang mengalir dari komponen abiotik ke biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Daur unsur-unsur tersebut tidak hanya melalui organisme, tetapi juga melibatkan reaksi-reaksi kimia dalam lingkungan abiotik sehingga disebut daur biogeokimia. Daur-daur tersebut antara lain: daur air, daur oksigen, daur karbon, daur nitrogen, dan daur sulfur. Di sini hanya akan dibahas 3 macam daur, yaitu daur nitrogen, daur fosfor, dan daur karbon.

1. Daur Nitrogen (N_2)



Gambar 9.21 Diagram daur nitrogen.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Gas nitrogen meliputi 80% dari udara. Nitrogen bebas dapat ditambat/difiksasi terutama oleh tumbuhan yang mempunyai bintil akar (bersimbiosis dengan bakteri penambat nitrogen, misalnya tanaman polong-polongan) dan beberapa jenis ganggang. Nitrogen bebas juga dapat bereaksi dengan hidrogen atau oksigen dengan bantuan kilat/petir. Tumbuhan memperoleh nitrogen dari dalam tanah berupa amonia (NH_3), ion nitrit (NO_2^-), dan ion nitrat (NO_3^-).

Beberapa bakteri yang dapat menambat nitrogen terdapat pada akar legum dan akar tumbuhan lain, misalnya *Marsiella crenata*. Selain itu, terdapat bakteri dalam tanah yang dapat mengikat nitrogen secara langsung, yakni *Azotobacter* sp. yang bersifat aerob dan *Clostridium* sp. yang bersifat anaerob. *Nostoc* sp. dan *Anabaena* sp. (ganggang biru) juga mampu menambat nitrogen.

Nitrogen yang diikat biasanya dalam bentuk amonia. Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati oleh bakteri. Amonia ini akan mengalami nitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* sehingga menghasilkan nitrat yang akan diserap oleh akar tumbuhan. Selanjutnya oleh bakteri denitrifikasi, nitrat diubah menjadi amonia kembali, dan amonia diubah menjadi nitrogen yang dilepaskan ke udara. Dengan cara ini daur nitrogen akan berulang dalam ekosistem.

2. Daur Fosfor

Di alam, fosfor terdapat dalam dua bentuk, yaitu senyawa fosfat organik (pada tumbuhan dan hewan) dan senyawa fosfat anorganik (pada air dan tanah). Fosfat organik dari hewan dan tumbuhan yang mati diuraikan oleh dekomposer (pengurai) menjadi fosfat anorganik. Fosfat anorganik yang terlarut di air tanah atau air laut akan terkikis dan mengendap di sedimen laut. Oleh karena itu, fosfat banyak terdapat di batu karang dan fosil. Fosfat dari batu dan fosil terkikis dan membentuk fosfat anorganik terlarut di air tanah dan laut. Fosfat anorganik ini kemudian akan diserap oleh akar tumbuhan lagi. Daur ini berulang terus menerus.

3. Daur Karbon dan Oksigen

Kandungan CO_2 di atmosfer sebanyak 0,03%. Sumber-sumber CO_2 di udara berasal dari respirasi makhluk hidup, erupsi vulkanik, pembakaran batubara, dan asap pabrik. Karbon dioksida di udara dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk berfotosintesis dan menghasilkan oksigen yang nantinya akan digunakan oleh manusia dan hewan untuk berespirasi. Hewan dan tumbuhan yang mati, dalam waktu yang lama akan membentuk batubara di dalam tanah. Batubara akan dimanfaatkan lagi sebagai bahan bakar yang juga menambah kadar CO_2 di udara.

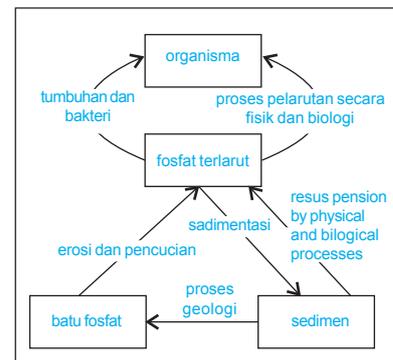
Di ekosistem air, pertukaran CO_2 dengan atmosfer berjalan secara tidak langsung. Karbon dioksida berikatan dengan air membentuk asam karbonat yang akan terurai menjadi ion bikarbonat. Bikarbonat adalah sumber karbon bagi alga yang memproduksi makanan untuk diri mereka sendiri dan organisme heterotrof lain. Sebaliknya, saat organisme air berespirasi, CO_2 yang mereka keluarkan menjadi bikarbonat. Jumlah bikarbonat dalam air adalah seimbang dengan jumlah CO_2 di air.

Tugas 9.6

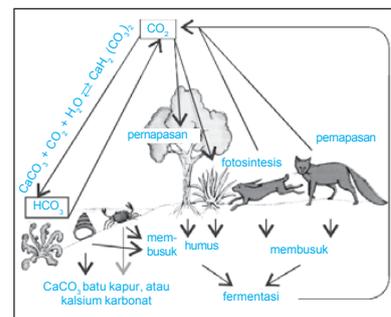
1. Apakah peranan decomposer dalam daur nitrogen, fosfor, dan karbon?
2. Karbon berbentuk CO_2 selalu dihasilkan dalam respirasi dan diperlukan tumbuhan untuk fotosintesis. Namun kadar CO_2 di udara cenderung meningkat. Apakah penyebab meningkatnya kadar CO_2 di udara dan apa pengaruhnya terhadap daur karbon dan oksigen?

G Pencemaran dan Pelestarian Alam

Perubahan lingkungan memengaruhi berbagai aspek kehidupan. Perubahan yang terjadi pada lingkungan hidup manusia menyebabkan adanya gangguan terhadap keseimbangan karena sebagian dari komponen lingkungan menjadi berkurang fungsinya. Perubahan lingkungan dapat terjadi karena campur tangan manusia dan dapat pula karena faktor alam.



Gambar 9.22 Diagram daur fosfor.
Sumber: Bang Gambar Penerbit, 2006



Gambar 9.23 Diagram daur karbon dan oksigen.
Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005



Gambar 9.24 Pembukaan hutan yang tidak terencana dapat merusak keseimbangan lingkungan.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2005

Perubahan lingkungan karena campur tangan manusia contohnya penebangan hutan, pembangunan pemukiman, dan penerapan intensifikasi pertanian. Penebangan hutan yang liar mengurangi fungsi hutan sebagai penahan air. Akibatnya, daya dukung hutan menjadi berkurang. Selain itu, penggundulan hutan dapat menyebabkan terjadi banjir dan erosi. Akibat lain adalah munculnya harimau, babi hutan, dan ular di tengah pemukiman manusia karena semakin sempitnya habitat hewan-hewan tersebut. Pembangunan pemukiman pada daerah-daerah yang subur merupakan salah satu tuntutan kebutuhan akan pangan. Semakin padat populasi manusia, lahan yang semula produktif menjadi tidak atau kurang produktif.

Penerapan intensifikasi pertanian dengan cara panca usaha tani, di satu sisi meningkatkan produksi, sedangkan di sisi lain bersifat merugikan. Misalnya, penggunaan pupuk dan pestisida dapat menyebabkan pencemaran. Contoh lain pemilihan bibit unggul sehingga dalam satu kawasan lahan hanya ditanami satu macam tanaman, disebut pertanian *tipe monokultur*, dapat mengurangi keanekaragaman hayati daerah tersebut sehingga keseimbangan ekosistem terganggu. Ekosistem menjadi dalam keadaan tidak stabil. Dampak yang lain akibat penerapan tipe ini adalah terjadinya ledakan hama.

Perubahan lingkungan secara alami dapat disebabkan oleh bencana alam. Bencana alam seperti kebakaran hutan di musim kemarau menyebabkan kerusakan dan matinya organisme di hutan tersebut. Selain itu, terjadinya letusan gunung menjadikan kawasan di sekitarnya rusak.

1. Keseimbangan Lingkungan

Definisi lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya keadaan, dan makhluk hidup, termasuk di dalamnya manusia dan perilakunya. Komponen lingkungan terdiri dari faktor abiotik (tanah, air, udara, cuaca, suhu) dan faktor biotik (tumbuhan dan hewan, termasuk manusia). Lingkungan hidup baik faktor biotik maupun abiotik berpengaruh dan dipengaruhi manusia. Dalam kondisi alami, lingkungan dengan segala keragaman interaksi yang ada mampu untuk menyeimbangkan keadaannya. Namun tidak tertutup kemungkinan kondisi demikian dapat berubah oleh campur tangan manusia.

Dalam ekosistem atau lingkungan yang seimbang terdapat dinamika rantai makanan, jaring-jaring makanan, dan piramida ekologi. Jumlah antara produsen, konsumen, dan pengurai ada dalam keseimbangan. Jumlah itu tidak tetap, melainkan mengalami fluktuasi. Misalnya di suatu ekosistem padang rumput terdapat rantai makanan yang terdiri dari rumput → rusa → harimau. Jika populasi rumput (produsen) meningkat, maka tersedia cukup banyak makanan untuk rusa (konsumen I) sehingga populasinya meningkat. Peningkatan populasi rusa mengendalikannya populasi rumput sehingga pertumbuhannya menurun. Harimau memangsa rusa yang populasi meningkat,

sehingga jumlah rusa kembali menurun. Harimau sendiri secara alami mempunyai perkembangbiakan yang lambat dan terjadi persaingan sesamanya sehingga populasinya cenderung sedikit. Jumlah rusa yang menurun memberi kesempatan populasi rumput untuk berkembang. Rumput yang melimpah kembali menyediakan makanan yang melimpah bagi rusa. Demikianlah, dalam ekosistem yang seimbang terjadi fluktuasi jumlah komponennya.

Kamu harus ingat bahwa semua ini hanya akan terjadi jika keadaan lingkungan di tempat ekosistem itu berada stabil. Bagaimana jika padang rumput mengalami kebakaran? Bagaimana jika ada pemburu yang menembak mati harimau? Tentu saja kerusakan lingkungan atau salah satu komponen rantai makanan akan menyebabkan keseimbangan ekosistem menjadi rusak. Pada ekosistem yang rusak, daur materi dan energi akan terganggu sehingga ada komponen yang kelebihan makanan dan ada komponen yang mengalami kekurangan makanan. Jika populasi harimau berkurang akibat dibunuh pemburu liar, populasi rusa tidak ada yang mengendalikan sehingga jumlahnya melebihi daya dukung lingkungan. Jumlah rumput yang tersedia tidak cukup untuk memberi makanan bagi rusa, sehingga rusa akan mencari makanan ke tempat lain seperti ladang pertanian, perkebunan, atau pemukiman penduduk. Tentu kamu tidak menginginkannya bukan?

Peningkatan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi telah mengancam kelestarian lingkungan. Penduduk yang besar menuntut disediakan makanan, perumahan, dan fasilitas hidup yang cukup. Untuk memenuhi kebutuhan penduduk, didirikanlah berbagai macam industri, bahan tambang digali dengan liar, hutan ditebang untuk dijadikan perkebunan, lokasi pemukiman, kawasan industri, dan sebagainya. Kegiatan manusia ini berpotensi mengganggu keseimbangan alam secara langsung maupun tidak langsung.

Tugas 9.7

Sebutkan aktivitas manusia yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan. Berikan pendapatmu bagaimana seharusnya aktivitas itu dilakukan agar tidak merusak ekosistem yang ada.

2. Polusi

Menurut Undang-Undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup, polusi atau pencemaran lingkungan diartikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut *polutan*. Polutan dapat menyebabkan penyakit, diantaranya kanker,



Gambar 9.25 Dalam ekosistem yang seimbang jumlah produsen dan konsumen seimbang.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

gangguan kekebalan, alergi, dan asma. Suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup, jumlahnya melebihi jumlah normal, berada pada waktu dan tempat yang tidak tepat. Contohnya kadar karbon dioksida normal adalah 0,033%, tetapi bila lebih tinggi dari 0,033% dapat memberikan efek merusak. Ada dua macam sifat polutan, yaitu sebagai berikut.

- a. Merusak untuk sementara, tetapi bila telah bereaksi dengan zat lingkungan tidak merusak lagi. Contohnya tumpahan minyak di laut dapat menyebabkan iritasi kulit dan ruam, tetapi setelah minyak mengalami degradasi maka menjadi tidak bersifat merusak.
- b. Merusak dalam jangka waktu lama. Contohnya timbal yang masuk ke dalam tubuh tidak merusak apabila konsentrasinya rendah, akan tetapi apabila pemasukan timbal terjadi dalam jangka waktu yang lama, timbal dapat terakumulasi dalam tubuh dan bersifat racun.

Adanya pencemaran di suatu daerah dapat diketahui dengan mengamati beberapa parameter pencemaran. Dengan demikian dapat diketahui apakah suatu lingkungan itu sudah terkena pencemaran atau belum. Parameter-parameter yang merupakan indikator terjadinya pencemaran adalah sebagai berikut.

- a. Parameter kimia, meliputi CO_2 , pH, alkalinitas, fosfor, logam-logam berat, dan sebagainya.
- b. Parameter biokimia, meliputi BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), yaitu jumlah oksigen dalam air. Cara pengukurannya adalah dengan menyimpan sampel air yang telah diketahui kandungannya selama 5 hari, kemudian kadar oksigen diukur lagi. BOD digunakan untuk mengukur banyaknya pencemar organik. Kandungan oksigen dalam air minum atau BOD tidak boleh kurang dari 3 ppm.
- c. Parameter fisik, meliputi temperatur, warna, rasa, bau, kekeruhan, radioaktivitas, dan sebagainya.
- d. Parameter biologi, meliputi ada atau tidaknya mikroorganisme, misalnya bakteri coli, virus, bentos, dan plankton.

Menurut WHO (*World Health Organization*), tingkat pencemaran didasarkan pada kadar zat pencemar dan waktu (lamanya) kontak. Tingkat pencemaran dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

- a. Pencemaran yang mulai mengakibatkan iritasi (gangguan) ringan pada panca indra dan tubuh serta telah menimbulkan kerusakan pada ekosistem lain. Misalnya gas buangan kendaraan bermotor yang menyebabkan mata pedih.
- b. Pencemaran yang sudah mengakibatkan reaksi pada fungsi fisiologis tubuh dan menyebabkan penyakit yang kronis. Misalnya pencemaran Hg (air raksa) di Minamata Jepang yang menyebabkan kanker dan lahirnya bayi cacat.
- c. Pencemaran yang kadar zat-zat pencemarannya demikian besarnya sehingga menimbulkan gangguan dan penyakit atau kematian dalam lingkungan, misal pencemaran nuklir.

Berkembangnya kemajuan teknologi dan aktivitas manusia menghasilkan berbagai macam polutan. Berdasarkan jenisnya, polutan atau bahan pencemar dapat dibedakan menjadi polutan kimiawi, biologi, dan fisik.

- a. Polutan kimiawi, berupa zat logam berat (Hg, Pb, As, Cd, Cr, dan sebagainya), pupuk anorganik, pestisida, detergen, minyak, dan sebagainya.
- b. Polutan biologi, dapat berupa mikroorganisme yang berada pada tempat yang tidak semestinya, misalnya *Escherichia coli* pada air sumur, *Entamoeba coli*, dan *Salmonella thyposa* pada air minum.
- c. Polutan fisik, misalnya berupa kaleng-kaleng, botol, plastik, karet, dan radiasi.

Saat ini pencemaran lingkungan telah terjadi pada tingkat yang mengkhawatirkan. Hampir semua lingkup kehidupan telah mengalami pencemaran. Menurut tempat terjadinya, pencemaran dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu pencemaran udara, air, dan tanah.

a. Pencemaran Udara

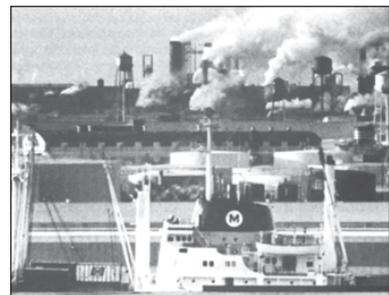
Pencemar udara dapat berupa gas dan partikel. Pencemaran udara dinyatakan dengan ppm (*part per million*). Beberapa contoh pencemaran adalah sebagai berikut.

- 1) Gas H_2S , gas ini bersifat racun, terdapat di kawasan gunung berapi, bisa juga dihasilkan dari pembakaran minyak bumi dan batu bara.
- 2) Gas CO dan CO_2 , karbon monoksida (CO) tidak berwarna dan tidak berbau, bersifat racun, merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar di ruang tertutup, misalnya pada mesin mobil, kendaraan, dan mesin industri. Gas CO yang terhirup pernapasan mengganggu pengikatan oksigen oleh hemoglobin. Afinitas hemoglobin terhadap CO lebih tinggi daripada afinitasnya terhadap O_2 , sehingga dapat menyebabkan kematian. Gas CO_2 dalam udara murni berjumlah 0,03%. Bila melebihi toleransi dapat mengganggu pernapasan. Selain itu, gas CO_2 yang terlalu berlebihan di bumi dapat mengikat panas matahari sehingga suhu bumi panas. Pemanasan global di bumi akibat CO_2 disebut juga sebagai *efek rumah kaca*.
- 3) Partikel SO_2 dan NO_2 , kedua partikel ini bersama dengan partikel cair menghasilkan embun, kemudian membentuk awan dekat tanah yang dapat mengganggu pernapasan. Pembakaran batu bara yang mengandung sulfur akan menghasilkan sulfur dioksida. Sulfur dioksida bersama dengan udara serta oksigen dan sinar matahari dapat menghasilkan asam sulfat. Asam ini membentuk kabut dan suatu saat akan jatuh sebagai hujan yang disebut *hujan asam*. Hujan asam dapat menyebabkan gangguan pada manusia, hewan, maupun tumbuhan. Misalnya gangguan pernapasan, perubahan morfologi pada daun, batang, dan benih.



Gambar 9.26 Botol bekas merupakan jenis polutan fisik.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006



Gambar 9.27 Industri banyak menghasilkan gas buang yang menjadi penyebab pencemaran udara.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005

- 4) Partikel padat, misalnya bakteri, jamur, virus, bulu, dan tepung sari juga dapat mengganggu kesehatan.

Sumber polusi udara lain dapat berasal dari radiasi bahan radioaktif, misalnya nuklir. Setelah peledakan nuklir, materi radioaktif masuk ke dalam atmosfer dan jatuh di bumi. Materi radioaktif ini akan terakumulasi di tanah, air, hewan, tumbuhan, dan juga pada manusia. Efek pencemaran nuklir terhadap makhluk hidup dalam taraf tertentu dapat menyebabkan mutasi, berbagai penyakit akibat kelainan gen, dan bahkan kematian.

b. Pencemaran Air

Polusi air dapat disebabkan oleh beberapa jenis pencemar sebagai berikut.

- 1) Pembuangan limbah industri, sisa insektisida, dan pembuangan sampah domestik, misalnya sisa detergen mencemari air. Buangan industri yang mengandung Pb, Hg, Zn, dan Co dapat terakumulasi dan bersifat racun.
- 2) Sampah organik yang dibusukkan oleh bakteri menyebabkan kandungan O_2 di air berkurang sehingga mengganggu aktivitas kehidupan organisme air.
- 3) Fosfat hasil dari pembusukan, deterjen, dan pupuk pertanian yang terakumulasi dapat menyebabkan *eutrofikasi*, yaitu penimbunan mineral yang berlebihan di suatu perairan yang menyebabkan pertumbuhan alga yang sangat cepat (*blooming alga*). Pertumbuhan alga yang cepat segera menghabiskan kandungan oksigen dalam perairan, sehingga mengganggu kehidupan ikan dan hewan air lainnya. Beberapa jenis alga juga menghasilkan racun sehingga sering menyebabkan iritasi kulit dan membahayakan hewan yang minum di perairan itu.

Salah satu bahan pencemar di laut adalah tumpahan minyak bumi akibat kecelakaan kapal tanker minyak yang sering terjadi. Banyak organisme akuatik yang mati atau keracunan karenanya. Untuk membersihkan kawasan tercemar diperlukan koordinasi dari berbagai pihak dan dibutuhkan biaya yang mahal.

c. Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah disebabkan oleh beberapa jenis zat pencemar misalnya sebagai berikut.

- 1) Sampah-sampah plastik yang sukar hancur, botol, karet sintesis, pecahan kaca, dan kaleng.
- 2) Detergen yang bersifat *nonbiodegradable* (secara alami sulit diuraikan).
- 3) Zat kimia dari buangan pertanian, misalnya insektisida.

d. Pencemaran Suara

Polusi suara disebabkan oleh suara bising kendaraan bermotor, kapal terbang, deru mesin pabrik, radio/tape recorder yang berbunyi keras sehingga mengganggu pendengaran.



Gambar 9.28 Limbah industri yang dibuang langsung tanpa diolah dapat mengakibatkan pencemaran air.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005

3. Upaya Pelestarian Alam

Sehubungan dengan pemanfaatan sumber daya alam, lingkungan harus diupayakan agar tetap lestari dengan memperhatikan tatanan lingkungan. Pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya terpadu dalam pemanfaatan, penataan, pemeliharaan, pengawasan, pengendalian, pemulihan, dan pengembangan lingkungan hidup. Melalui penerapan pengelolaan lingkungan hidup akan terwujud kedinamisan dan harmonisasi antara manusia dengan lingkungannya. Untuk mencegah dan menghindari tindakan manusia yang bersifat kontradiksi dari hal-hal tersebut di atas, pemerintah telah menetapkan kebijakan melalui Undang-Undang Lingkungan Hidup.

Undang-undang tentang ketentuan-ketentuan pokok pengelolaan lingkungan hidup disahkan oleh Presiden Republik Indonesia pada tanggal 11 Maret 1982. Undang-undang ini berisi 9 Bab terdiri dari 24 pasal. Undang-Undang Lingkungan Hidup bertujuan untuk mencegah kerusakan lingkungan, meningkatkan kualitas lingkungan hidup, dan menindak pelanggaran-pelanggaran yang menyebabkan rusaknya lingkungan. Undang-Undang Lingkungan Hidup antara lain berisi hak, kewajiban, wewenang, dan ketentuan pidana yang meliputi beberapa hal, yaitu sebagai berikut.

- a. Setiap orang mempunyai hak atas lingkungan hidup yang baik dan sehat.
- b. Setiap orang berkewajiban memelihara lingkungan dan mencegah serta menanggulangi kerusakan dan pencemaran lingkungan.
- c. Setiap orang mempunyai hak untuk berperan serta dalam rangka pengelolaan lingkungan hidup. Peran serta tersebut diatur dengan perundang-undangan.
- d. Barang siapa yang dengan sengaja atau karena kelalaiannya melakukan perbuatan yang menyebabkan rusaknya lingkungan hidup atau tercemarnya lingkungan hidup diancam pidana penjara atau denda.

Upaya pengelolaan yang telah digalakkan dan undang-undang yang telah dikeluarkan tidak akan berarti tanpa didukung kesadaran manusia tentang arti penting lingkungan untuk meningkatkan kualitas lingkungan serta kesadaran bahwa lingkungan yang ada saat ini merupakan titipan dari generasi yang akan datang. Upaya pengelolaan limbah yang saat ini tengah digalakkan adalah pendaurulangan atau *recycling*. Dengan daur ulang dimungkinkan pemanfaatan sampah, misalnya plastik, aluminium, dan kertas menjadi barang-barang yang bermanfaat.

Usaha lain dalam mengurangi polusi yang berkaitan dengan penyediaan energi adalah memanfaatkan berbagai sumber energi alternatif. Tenaga panas matahari telah dimanfaatkan untuk keperluan memasak, memanaskan ruangan, dan tenaga gerak. Selain tenaga surya, tenaga angin dapat pula digunakan sebagai sumber energi dengan menggunakan kincir-kincir angin.



Gambar 9.29 Pengelolaan lingkungan yang baik diperlukan untuk melestarikan suatu ekosistem.

Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer, 2005

3. Limbah dan Daur Ulang

Setiap hari tentu kamu berhubungan dengan berbagai macam barang seperti kertas, botol kaca, kaleng, sisir, makanan, dan minuman. Barang-barang tersebut setelah tidak dapat dipakai tentu kamu buang. Nah, barang yang kamu buang itu disebut limbah. Limbah tidak hanya dihasilkan dalam skala rumah tangga karena pabrik, kantor, bengkel, rumah sakit, pasar, pertokoan, dan tempat-tempat lain juga menghasilkan limbah. Jadi limbah merupakan sisa proses produksi maupun konsumsi. Kamu harus ingat bahwa limbah dapat berupa benda padat, cair, maupun gas. Saat ini jumlah limbah yang dihasilkan suatu kota dalam setiap harinya sangat banyak, sehingga merupakan permasalahan yang serius untuk ditangani. Umumnya limbah padat diangkut ke tempat pembuangan akhir sampah (TPA), kemudian ditimbun atau dibakar. Namun cara-cara ini tidak tepat karena merugikan lingkungan dan kesehatan.



Gambar 9.30 Sampah yang menumpuk di tempat pembuangan akhir sampah.

Sumber: Bank Gambar Penerbit, 2006

Pernahkah kamu memperhatikan barang-barang apa saja yang terdapat di tempat sampah? Apakah semua barang memang harus ditimbun dan dibakar di TPA sampah? Tentu saja tidak. Sebagian dari limbah dapat dimanfaatkan kembali baik secara langsung maupun melalui proses daur ulang. Contoh limbah yang dapat digunakan lagi (*reuse*) adalah botol kaca disterilkan kemudian dipakai ulang, botol plastik dan ban bekas digunakan sebagai pot tanaman, sampah diproses sebagai pupuk dan gas bio, *cartridge* atau *toner* printer diisi ulang untuk digunakan lagi, dan sebagainya. Sedangkan limbah yang baru bermanfaat setelah didaur ulang (*recycle*) meliputi berbagai jenis logam, plastik, kertas, dan kaca. Bahan-bahan ini dilebur, kemudian dicetak menjadi berbagai barang yang diperlukan. Berkat kemajuan teknologi peleburan, kualitas barang hasil pengolahan limbah ini tidak kalah dengan barang yang dibuat dari bijih.

Limbah organik dapat dimanfaatkan sebagai alternatif mencari penghasilan. Misalnya jerami dan serbuk gergaji dimanfaatkan sebagai media untuk memelihara jamur, kertas diproses menjadi kertas daur ulang untuk bahan kerajinan dan cinderamata, kotoran ternak dan sampah organik dapat dimanfaatkan untuk membuat kompos dan biogas, serta sekam padi dan tempurung kelapa digunakan untuk membuat arang/karbon aktif. Di negara maju sampah digunakan untuk menggerakkan turbin yang menghasilkan listrik baik melalui fermentasi yang menghasilkan gas metana maupun dengan pembakaran langsung.

Pemanfaatan limbah untuk digunakan lagi dapat menghemat sumber daya yang tidak dapat diperbarui. Para ahli memperkirakan cadangan bijih aluminium di Bumi akan habis pada awal abad ke-23, besi akan habis sekitar tahun 2160, bahkan timbal, seng, air raksa, dan timah akan segera habis pada tahun 2020. Belum lagi permintaan kertas yang meningkat telah menjadi salah satu pendorong percepatan penebangan hutan.

Oleh karena itu daur ulang merupakan upaya yang tepat untuk menanggulangi krisis bahan baku. Energi yang diperlukan untuk memproses logam dengan cara daur ulang lebih sedikit dibandingkan logam yang diperoleh dari bijihnya, sehingga cukup banyak menghemat energi. Saat ini diperkirakan 50% kertas koran, 80% kardus, 30% aluminium, 50% baja, dan berbagai macam plastik diperoleh dengan cara daur ulang.

Jadi, pemanfaatan limbah dengan cara *reuse* dan *recycle* bermanfaat untuk mengurangi tingkat pencemaran dan kerusakan lingkungan, menghemat sumber daya alam, membantu menjaga keseimbangan lingkungan dan kelestarian kehidupan, sebagai alternatif untuk memperoleh pendapatan, dan mengembangkan sikap arif terhadap lingkungan hidup.

Nah, kamu sebagai generasi yang mencintai lingkungan hidup tentu tidak sepatutnya membuang limbah begitu saja. Kamu harus mengikuti gaya hidup ramah lingkungan dengan semboyan 3R yaitu *Reduce*, *Reuse*, dan *Recycle*. *Reduce* yaitu memakai barang-barang dengan efisien sehingga mengurangi jumlah sampah yang dibuang, *reuse* yaitu menggunakan kembali sampah-sampah masih bisa dipakai, *recycle* yaitu mendaur ulang sampah-sampah yang telah terpakai. Kamu harus berlatih kreatif untuk memanfaatkan kembali limbah yang ada di sekitarmu. Amatilah limbah apa yang banyak tersedia di sekitarmu yang berpotensi untuk dimanfaatkan, kemudian carilah informasi cara pembuatannya serta prospek penggunaan atau penjualannya. Sebagai latihan, cobalah membuat kertas daur ulang seperti pada **Kegiatan 9.3**.



Gambar 9.31 Plastik didaur ulang untuk membuat berbagai barang yang baru.

Sumber: Microsoft Encarta, 2006



Kegiatan 9.3

Membuat Kertas Daur Ulang

A. Tujuan

Memanfaatkan limbah kertas untuk membuat kertas daur ulang.

B. Alat dan Bahan

1. Kertas bekas
2. Pewarna dan serat alami (misalnya bunga kering, serat pandan, serat batang pisang, dan sebagainya)
3. Gunting
4. Alas cetak dari papan tripleks yang dilapisi kain katun
5. Baskom atau ember besar
6. Blender
7. Sendok kayu sebagai pengaduk
8. *Screen* sablon dan *rakel* (penekan)

C. Cara Kerja

1. Gunting kertas bekas menjadi kecil-kecil dan rendam di air minimal selama 12 jam agar serat kertas menjadi lunak. Kamu juga dapat merendam kertas dalam air panas (direbus) agar kertas itu lebih cepat hancur.
2. Blender kertas, gunakan perbandingan 1 : 4, yaitu satu bagian bubur kertas ditambah dengan empat bagian air. Ulangi lagi sampai kertas hancur seperti bubur.

3. Tuangkan kedalam baskom atau ember yang berisi air dengan perbandingan yang sama (1 : 4) dan aduk hingga merata. Bubur kertas telah siap untuk dicetak. Kamu dapat menambah pewarna atau serat agar tekstur kertas daur ulang lebih menarik. Untuk memperoleh kertas yang lebih tipis, kamu dapat menambahkan air sehingga bubur lebih encer.
4. Siapkan alas cetak dari papan tripleks yang telah dilapisi kain di tempat datar.
5. Masukkan screen sablon ke dalam larutan bubur kertas secara mendatar. Saring bubur kertas dengan merata, kemudian angkat dengan hati-hati. Biarkan beberapa saat agar airnya berkurang.
6. Letakkan screen di atas papan yang sudah dilapisi kain dengan posisi terbalik, gosok screen sablon dengan rakel dan angkat hati-hati.
7. Kertas yang sudah dicetak tinggal menunggu kering saja. Untuk menghemat tempat, tutup dengan kain yang sudah dibasahi lalu tambah satu lapis lagi kain basah dan ulangi langkah 5 dan 6.
8. Sesudah beberapa lapis, tekan dengan menaruh papan besar di atasnya dan beri pemberat misalnya batako atau batu selama satu jam.
9. Angkat sepasang demi sepasang dan biarkan mengering. Sebaiknya kamu tidak menjemurnya di bawah panas matahari.
10. Setelah kering, buka kainnya dengan hati-hati. Kertas daur ulang yang kamu buat telah jadi dan siap untuk digunakan.

D. Pertanyaan untuk Diskusi

1. Kamu berhasil membuat kertas daur ulang, diskusikan dengan temanmu proses pembuatan yang efisien dan kendala atau kesulitan yang kamu hadapi.
2. Apa yang memengaruhi kualitas kertas daur ulang yang kamu buat? Bagaimana cara meningkatkan kualitas dan daya tarik produk daur ulang itu?
3. Bagaimanakah pemanfaatan kertas daur ulang, apakah sama seperti kertas dari pabrik ataukah untuk tujuan khusus?
4. Carilah informasi daur ulang yang dilakukan dalam skala industri. Mengapa daur ulang kertas sangat diperlukan?

Tugas 9.8

1. Sebutkan usaha yang dilakukan untuk mengurangi emisi gas buang berbahaya yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.
2. Jelaskan daur ulang produk yang berbahan baku kaca.

Rangkuman

- Dalam suatu ekosistem terjadi hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem disusun oleh komponen biotik berupa makhluk hidup dan komponen abiotik.
- Tingkatan organisme dalam ekosistem adalah individu-individu sejenis menyusun populasi, populasi dengan lingkungan habitatnya membentuk komunitas, dan beberapa populasi dalam komunitasnya membentuk suatu ekosistem.

- Setiap organisme dalam habitatnya mempunyai peranan tertentu yang disebut nisia. Dalam ekosistem terdapat tingkatan trofik komponen biotik, yaitu ada organisme yang berperan sebagai produsen, konsumen primer, konsumen sekunder, konsumen tersier, konsumen puncak, dan pengurai.
- Di dalam ekosistem, komponen-komponennya selalu berinteraksi baik sesama komponen biotik maupun antara komponen biotik dengan komponen abiotik. Oleh karena itu terdapat interaksi antarorganisme, antarpopulasi, antarkomunitas, dan antara komponen biotik dengan komponen abiotiknya.
- Biosfer merupakan kesatuan semua ekosistem yang ada di permukaan Bumi dan atmosfer tempat organisme hidup. Ekosistem darat utama terdiri dari enam bioma yaitu bioma tundra, taiga, padang rumput, hutan gugur, hutan hujan tropis, dan gurun. Ekosistem air dibedakan menjadi ekosistem air tawar dan ekosistem air laut. Masing-masing mempunyai ciri khas tertentu baik komponen biotik maupun abiotiknya.
- Ekosistem bersifat dinamis dan selalu mengalami perubahan. Perubahan pada suatu ekosistem ke arah dewasa dalam jangka waktu lama disebut suksesi. Ada dua macam suksesi yaitu suksesi primer dan suksesi sekunder. Ekosistem yang berada dalam keadaan optimum dan seimbang disebut klimaks.
- Dalam ekosistem terdapat daur materi dan energi dalam bentuk rantai makanan, jaring-jaring makanan, dan daur biogeokimia.
- Campur tangan dan aktivitas manusia dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Banyak kegiatan manusia yang menyebabkan kerusakan lingkungan hidup dan menyebabkan pencemaran lingkungan atau polusi. Terdapat berbagai macam pencemaran, misalnya pencemaran udara, air, tanah, suara, dan radioaktif.
- Zat yang menyebabkan pencemaran disebut polutan. Polutan dapat disebabkan oleh kegiatan manusia maupun karena proses alam yang ditemukan di suatu tempat, waktu, dan jumlah yang tidak semestinya. Polutan dapat bersifat fisik, kimiawi, maupun biologi.
- Untuk mencegah dan menanggulangi kerusakan lingkungan hidup, berbagai usaha telah dilakukan seperti membuat kawasan konservasi, membuat undang-undang lingkungan hidup, membatasi emisi gas buang, dan melakukan pendidikan lingkungan bagi generasi muda.
- Limbah yang dihasilkan dari kegiatan produksi dan konsumsi harus diupayakan penanganan yang baik dan mengusahakan penggunaan ulang dan daur ulang.

Latihan 9

Kerjakan di buku tugasmu!

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Faktor-faktor penyebab terjadinya dinamika populasi adalah
 - a. kelahiran, kematian, bencana alam
 - b. migrasi, kematian, bencana perang
 - c. kelahiran, kematian, migrasi
 - d. kelahiran, kematian, perkembangan iptek
 - e. kelahiran, bencana alam, perang
2. Bakteri dan jamur memperoleh makanan dari bahan organik. Dalam komunitas bakteri dan jamur berperan sebagai
 - a. produsen
 - b. konsumen I
 - c. konsumen II
 - d. detritivor
 - e. detritus

3. Tahun 1883 Krakatau meletus meninggalkan tempat yang steril. Sekarang tertutup oleh hutan dan terdapat kurang lebih 1.200 spesies. Tumbuhan pertama yang tumbuh adalah
 - a. tumbuhan berkayu
 - b. lumut kerak
 - c. rumput
 - d. tumbuhan perdu
 - e. tumbuhan paku
4. Pada suatu ekosistem terdapat kelompok organisme, yaitu:
 - 1) burung pemakan serangga,
 - 2) belalang dan kupu,
 - 3) bakteri saprofit,
 - 4) ular,
 - 5) rumput.
 Urutan rantai makanan dapat ditulis
 - a. 1, 2, 3, 4, 5
 - b. 1, 4, 2, 3, 5
 - c. 5, 2, 1, 4, 3
 - d. 4, 3, 2, 1, 5
 - e. 5, 2, 3, 1, 4
5. Dari zat di bawah ini yang dapat merusak sel dan jaringan dalam jangka waktu lama adalah
 - a. O_2
 - b. H_2O
 - c. H_2S
 - d. Pb
 - e. Fe
6. Hujan asam dapat terjadi jika gas buang pabrik bereaksi dengan air hujan. Gas buang itu berupa
 - a. Fe_2O_3
 - b. SO_3
 - c. PO_4
 - d. $Ca(OH)_2$
 - e. NH_3
7. Polutan di bawah ini yang paling banyak dihasilkan dan dibuang ke lingkungan oleh setiap rumah tangga adalah
 - a. sampah organik
 - b. sampah anorganik
 - c. pestisida
 - d. herbisida
 - e. detergen
8. Limbah rumah tangga yang tidak dapat terurai adalah
 - a. plastik, kaca, karet
 - b. karet, dedaunan, kaca
 - c. kaca, plastik, besi
 - d. kaleng, besi, sampah organik
 - e. karet, plastik, sampah organik
9. Tipisnya lapisan ozon akibat kandungan CFC di atmosfer tinggi. CFC dihasilkan dari hasil industri berikut ini, *kecuali*
 - a. bahan kosmetik berupa *spray*
 - b. limbah pabrik
 - c. gas pendingin lemari es
 - d. gas pendingin ruangan
 - e. cat mobil berupa *spray*
10. Pencemaran udara antara lain disebabkan oleh gas-gas. Hujan asam dapat terjadi karena adanya pencemaran
 - a. suara oleh limbah industri
 - b. udara oleh limbah rumah tangga
 - c. udara oleh oksida karbon atau fosfat
 - d. tanah oleh limbah pabrik
 - e. udara oksida belerang dan nitrat

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Dengan menggunakan diagram, jelaskan interaksi antara komponen biotik dan abiotik.
2. Sebutkan tiga faktor utama terjadinya perubahan populasi.
3. Jelaskan tiga proses transformasi energi dalam biologi.
4. Sebutkan zat-zat yang dapat mencemari lingkungan udara beserta dampak negatifnya.
5. Sebutkan upaya-upaya yang dapat kamu lakukan untuk ikut menjaga kelestarian lingkungan hidup.
5. Apa yang dimaksud dengan produktivitas ekosistem?

Sudarmasto, Pemulung yang Bergelar Master

H. Sudarmasto, S.H., M.P.A. memanfaatkan limbah buah, sayuran, serta makanan bekas dari warung dan rumah makan di sekitar Pasar Kebayoran Lama, Jakarta Selatan sebagai pakan ayam. Menurutnya ayam buras (bukan ras) miliknya yang dipelihara di Srengseng, Kembangan, Jakarta Barat semua mau memakan limbah pasar tersebut, terutama bekas makanan dari warung karena masih ada nasinya. Hasilnya ayam peliharaannya menjadi gemuk dan jumlahnya semakin bertambah, sehingga dia harus meminjam kebun kosong di sekitar rumahnya untuk memperluas usaha ternaknya. Menurut Sudarmasto, kotoran ayam yang memakan limbah buah, sayuran, atau sisa makanan itu tidak berbau sama sekali. Hal ini sangat berbeda dengan kotoran ayam yang diberi makan pelet atau makanan buatan. Karena tidak berbau, Sudarmasto berani memelihara ayamnya di tengah perkampungan padat penduduk. Sudarmasto merasa senang jika usahanya ada yang mengikuti, karena jika tidak dimanfaatkan, sampah-sampah itu hanya akan dibuang ke TPA.

Bagaimanakah pendapatmu terhadap usaha pemanfaatan limbah yang dilakukan Sudarmasto di atas? Bersama kelompokmu, selidikilah lingkungan di sekitar tempat tinggalmu yang menghasilkan banyak limbah. Catatlah limbah yang dihasilkan, kemudian diskusikan kemungkinan jenis usaha yang dapat dilakukan dengan memanfaatkan limbah tersebut. Kemukakan pula keuntungan, kerugian, dan kendala yang mungkin dihadapi.

Sumber: *Kompas*, Jumat 13 Oktober 2006

I. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Kumpulan dari beberapa organ yang saling bekerja sama pada suatu organisme disebut
 - a. sel
 - b. jaringan
 - c. organ
 - d. sistem organ
 - e. protoplasma
2. Cabang biologi yang mempelajari kehidupan serangga adalah
 - a. morfologi
 - b. sitologi
 - c. histologi
 - d. entomologi
 - e. mikrobiologi
3. Virus yang menyebabkan penyakit lumpuh pada anak-anak adalah
 - a. cacar
 - b. herpes
 - c. campak
 - d. polio
 - e. rabies
4. Berikut ini yang merupakan contoh virus yang menyerang tanaman adalah
 - a. herpes simplex
 - b. ebola
 - c. gumboro
 - d. campak
 - e. corona
5. Jika kondisi lingkungan kurang menguntungkan bakteri dapat membentuk
 - a. kista
 - b. krista
 - c. endospora
 - d. eksospora
 - e. kapsul spora
6. Bakteri yang memiliki flagel pada kedua ujung tubuhnya disebut
 - a. atrik
 - b. monotrik
 - c. lofotrik
 - d. ampitrik
 - e. peritrik
7. Alat gerak yang dimiliki filum Sarcodina disebut
 - a. silia
 - b. flagela
 - c. pseudopodia
 - d. zoospora
 - e. aplanospora
8. Genus dari filum Mastigophora yang menyebabkan penyakit tidur pada manusia adalah
 - a. Anastasia
 - b. Euglena
 - c. Myxotricha
 - d. Trypanosoma
 - e. Foraminifera
9. Tubuh jamur bersel banyak terdiri atas benang-benang yang disebut
 - a. miselium
 - b. sporangiospora
 - c. konidiospora
 - d. oidiospora
 - e. artrospora
10. Endomikoriza yang bersimbiosis dengan *Rhizobium radicolica* sangat menguntungkan dalam pertanian, karena mempercepat fiksasi
 - a. oksigen
 - b. nitrogen
 - c. karbon
 - d. hidrogen
 - e. helium
11. Keanekaragaman yang ditunjukkan adanya variasi antara individu dalam satu spesies yang sama menunjukkan keanekaragaman tingkat
 - a. sel
 - b. protoplas
 - c. bioma
 - d. gen
 - e. ekosistem
12. Berikut ini hewan endemik yang ada di Indonesia adalah
 - a. maleo di Sulawesi
 - b. anoa di Papua
 - c. kuda di Sumbawa
 - d. badak bercula satu di Sulawesi
 - e. jalak putih di Kalimantan

13. Tindakan-tindakan manusia yang dapat menurunkan keanekaragaman hayati adalah
- penanaman monokultur
 - reboisasi
 - tebang pilih Indonesia
 - penganekaragaman makanan
 - rotasi tanaman
14. Contoh tempat pelestarian keanekaragaman hayati secara *ex situ* adalah
- kebun raya dan kebun binatang
 - cagar alam dan taman nasional
 - taman wisata dan hutan lindung
 - kebun raya dan taman nasional
 - kebun binatang dan hutan lindung
15. Banyak jenis obat yang bahan dasarnya berasal dari tumbuhan. Contohnya, obat malaria yang bahan dasarnya berasal dari
- daun pohon angkana
 - biji kapas
 - daun lidah buaya
 - akar anggrek bulan
 - kulit batang kina
16. Daerah yang memiliki tingkat keanekaragaman tertinggi diantara daerah berikut adalah
- Taman laut Bunaken
 - Pulau Komodo
 - Pantai Ancol Jakarta
 - Puncak Jayawijaya
 - Gunung Bromo
17. Jika dipandang dari sudut ekologi, keanekaragaman hayati sangat penting dalam
- menjaga kelangsungan hidup suatu populasi
 - menjaga keseimbangan dan survival suatu lingkungan
 - menyediakan sumber penghidupan bagi manusia
 - menyediakan plasma nutfah yang lengkap
 - pencarian sumber-sumber tanaman obat bagi penyakit tertentu
18. Berikut ini yang termasuk lumut hati adalah
- Pogonatum cirrhatum*
 - Aerobiyopsis longisima*
 - Anthoceros laevis*
 - Sphagnum squarosum*
 - Psilotum nudum*
19. Berikut ini yang *bukan* ciri tumbuhan lumut adalah
- multiseluler
 - reproduksi dengan spora
 - heterotrof
 - yang menonjol gametofitnya
 - gametofit dan sporofit tetap menjadi satu
20. Berikut ini yang termasuk tumbuhan paku heterospor adalah
- semanggi
 - paku tiang
 - paku ekor kuda
 - paku kawat
 - paku sarang burung
21. Spora tumbuhan paku yang jatuh di tempat yang lembap akan tumbuh menjadi
- sporogonium
 - sporofit
 - protalium
 - protonema
 - sporangium
22. Di dalam taksonomi tumbuhan *Selaginella wildenowii* digolongkan dalam divisi
- Spermatophyta
 - Kormophyta
 - gametofit dan zigot
 - Pterydophyta
 - Bryophyta
23. Tanaman kentang (*Solanum tuberosum*) digolongkan dalam familia
- Musaccae
 - Cyperaceae
 - Solanaceae
 - Rutaceae
 - Piperaceae

24. Tanaman lumut, suplir, ganggang hijau, melinjo, dan rambutan dalam pengklasifikasian masuk ke kingdom plantae, dengan ciri khusus
- eukariotik, multiseluler, dan foto-autotrof
 - eukariotik, uniseluler, dan dapat melakukan fotosintesis
 - prokariotik, multiseluler, dan autotrof
 - prokariotik, eukariotik, dan dapat melakukan fotosintesis
 - eukariotik, multiseluler, dan heterotrof
25. Seorang siswa menemukan seekor hewan dengan ciri sebagai berikut.
- Bentuk tubuh simetris bilateral.
 - Tidak mempunyai rangka.
 - Bersegmen-segmen.
 - Hidup di air tawar atau tempat lembab.
- Berdasarkan ciri-ciri tersebut di atas digolongkan ke dalam filum
- Coelenterata
 - Molusca
 - Annelida
 - Arthropoda
 - Echinodermata
26. Daur hidup *Fasciola hepatica* salah satu di antaranya mempunyai perantara siput *Lymnea javanica* sebelum sampai ke tubuh hospesnya. Urutan daur hidupnya adalah
- telur, mirasidium, redia, serkaria, metaserkaria
 - telur, redia, mirasidium, serkaria, metaserkaria
 - mirasidium, telur, reptil, serkaria, metaserkaria
 - radia, serkaria, mirasidium, telur, metaserkaria
 - telur, metaserkaria, radia, serkaria, mirasidium
27. Contoh cacing yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan di bawah ini adalah
- Hirudo medicinalis* - *Planaria*
 - Pheretima* - *Haemodipso*
 - Eunice viridis* - *Lycidice oele*
 - Taenia solium* - *Nereis*
 - Fasciola hepatica* - *Ophistorhis*
28. Kerang mutiara mempunyai cangkang yang terdiri atas 3 lapisan, yaitu sebagai berikut.
- Lapisan prismatic.
 - Lapisan nakreas.
 - Lapisan periostrakum.
- Lapisan-lapisan tersebut dari arah luar ke dalam yaitu
- 3 - 1 - 2
 - 3 - 2 - 1
 - 1 - 3 - 2
 - 2 - 3 - 1
 - 1 - 2 - 3
29. Karena laron memiliki dua pasang sayap tipis dengan ukuran sama dan tipe mulut menggigit, maka dimasukkan dalam ordo
- Archiptera
 - Orthoptera
 - Hemiptera
 - Neuroptera
 - Diptera
30. Pada kerang air tawar, ovum yang telah dibuahi akan menetas menjadi larva yang disebut
- mirasidium
 - glokidium
 - trokofor
 - onkosfer
 - sistiserkus
31. Dari jenis-jenis Mollusca berikut yang tidak memiliki cangkang adalah
- Loligo* (cumi-cumi)
 - sotong (sepia)
 - Nautilus*
 - Octopus* (gurita)
 - siput (pila)
32. Hewan Echinodermata yang bersifat merugikan karena dapat merusak populasi kerang yang menjadi mangsanya adalah
- lilia laut
 - bintang laut
 - landak laut
 - teripang
 - bintang ular

33. Sekelompok tanaman padi yang hidup di sawah pada konsep ekologi merupakan
- spesies
 - individu
 - populasi
 - ekosistem
 - komunitas
34. Interaksi antara individu di dalam suatu populasi dengan populasi lain akan membentuk
- komunitas
 - habitat
 - spesies
 - biosfer
 - ekosistem
35. Untuk menjaga agar lingkungan tetap bermanfaat bagi kelangsungan hidup, maka petani disarankan untuk melakukan rotasi tanaman yang bertujuan untuk
- menghindari erosi
 - mengembalikan kesuburan tanah
 - mengawetkan tanah
 - meningkatkan produksi
 - melindungi kepunahan tanaman
36. Bila suatu komunitas atau ekosistem alami terganggu secara alami atau buatan, akan tetapi gangguan tersebut tidak merusak sehingga komunitas tersebut masih terdapat kehidupan yang lama disebut
- suksesi klimaks
 - suksesi primer
 - suksesi sekunder
 - suksesi ekologi
 - suksesi darat
37. Di bawah ini macam-macam polutan yang ada di lingkungan.
- Hg
 - CO₂
 - SO₂
 - freon
 - NO₂
 - fosfor
 - deterjen
- Di antara polutan di atas yang dapat menyebabkan hujan asam, efek rumah kaca, rusaknya lapisan ozon adalah
- 1 - 2 - 3 - 4
 - 1 - 3 - 4 - 5
 - 3 - 5 - 2 - 4
 - 3 - 4 - 2 - 5
 - 3 - 6 - 4 - 2
38. Perhatikan beberapa komponen biotik penyusun suatu taman di bawah ini.
- rumput
 - serangga
 - burung
 - ulat
 - tanaman bunga
 - kupu-kupu
- Komponen yang berperan sebagai produsen adalah
- serangga dan tanaman bunga
 - kupu-kupu dan serangga
 - ulat, burung, serangga, dan kupu-kupu
 - rumput dan tanaman bunga
 - burung dan rumput
39. Pada ekosistem laut daerah yang tingkat produsennya paling banyak adalah
- batial
 - abisial
 - fotik
 - afotik
 - temoklin
40. Suatu daerah yang memiliki vegetasi khas karena pengaruh ketinggian dan lingkungan disebut
- biomassa
 - biosintesis
 - bioma
 - biosfer
 - homeostatis

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

- Sebutkan 3 contoh jamur yang menghasilkan zat antibiotik beserta jenis antibiotik dan kegunaannya.
- Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* adalah bakteri yang menguntungkan manusia dalam bidang pertanian.
 - Berdasarkan kebutuhan oksigennya, termasuk bakteri jenis apakah kedua bakteri di atas?
 - Bagaimanakah peranan bakteri di atas sehingga menguntungkan daerah pertanian?
 - Tuliskan reaksi kimia proses nitrifikasi yang dilakukan oleh bakteri tersebut.
- Sebutkan 3 contoh mikroorganisme dan manfaatnya dalam proses produksi bahan pangan.

4. Sebutkan contoh-contoh jamur dari kelas Basidiomycetes yang menimbulkan penyakit pada tanaman.
5. Jelaskan berbagai tingkat keanekaragaman hayati dan berilah contohnya.
6. Sebutkan jenis-jenis paku yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat.
7. Jelaskan cara sistem saluran ambulakral pada Echinodermata. Bagaimana sistem ini dapat digunakan untuk bergerak?
8. Lebah madu merupakan hewan yang hidup berkoloni dan terdapat sistem pembagian tugas untuk menjaga kelangsungan hidup koloni. Jelaskan sistem organisasi dalam lebah madu. Apa yang menyebabkan terdapat berbagai macam lebah madu?
9. Sebutkan bioma yang terdapat di Bumi beserta karakteristik dan organisme yang hidup di dalamnya.
10. Jelaskan yang dimaksud dengan eutrofikasi, kemukakan penyebab dan bahayanya. Bagaimanakah usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya eutrofikasi?

Glosarium

Abdomen	: bagian perut
Aerob obligat	: organisme yang memerlukan oksigen untuk respirasi seluler dan tidak bisa hidup tanpa oksigen
Ambulakral	: sistem saluran air pada tubuh hewan Echinodermata yang berfungsi untuk bergerak dan bernafas
Ampula	: gelembung otot pada hewan Echinodermata
Anaerob fakultatif	: organisme yang membuat ATP dengan cara respirasi aerobik jika oksigen tersedia namun kan mengubahnya menjadi fermentasi jika keadaan menjadi aerobik
Anaerob obligat	: organisme yang tidak dapat menggunakan oksigen dan akan teracuni oleh adanya oksigen
Analogi	: perbandingan organ yang mempunyai fungsi yang sama meskipun asal-usulnya berbeda, misalnya sayap burung dan sayap serangga sama-sama digunakan untuk terbang
Anterior	: bagian depan tubuh, dekat dengan kepala
Aselomata	: hewan yang tidak mempunyai rongga tubuh
Autofertilisasi	: pembuahan sendiri, yaitu satu individu mempunyai alat kelamin jantan dan betina sekaligus yang dapat melangsungkan pembuahan
Autotomi	: pemutusan sebagian anggota tubuh
Berumah dua	: hewan jantan dan hewan betina dapat dibedakan dengan jelas
Binomial nomenklatur	: cara memberi nama makhluk hidup menggunakan dua kata tunggal
Data	: informasi dalam bentuk angka atau fakta-fakta yang diperoleh dari penelitian atau survei yang digunakan sebagai dasar untuk memecahkan masalah atau mengambil keputusan
Diploblastik	: hewan yang mempunyai dua lapisan lembaga, lapisan luar, dan lapisan dalam
Ekdisis	: pergantian kulit
Ektoderm	: lapisan lembaga bagian luar
Endoderm	: lapisan lembaga bagian dalam
Faktor fisik	: tergolong komponen abiotik seperti cahaya, air, udara, suhu, dan lain-lain
Faktor kimia	: tergolong komponen abiotik seperti derajat keasaman, salinitas (kadar garam), dan lain-lain
Filogeni	: perkembangan evolusioner suatu organisme dari nenek moyang yang berbentuk sederhana hingga menjadi bentuk kompleks yang hidup saat ini
Ganglion pedal	: simpul saraf kaki
Ganglion serebral	: simpul saraf otak
Ganglion visceral	: simpul saraf organ-organ dalam
Gen	: pembawa sifat keturunan

Mesoderm	: lapisan lembaga bagian tengah
Metabolisme	: keseluruhan reaksi biokimiawi yang terjadi di dalam tubuh yang melibatkan perubahan senyawa organik dan perpindahan energi
Metamorfosis	: perubahan ukuran dan bentuk tubuh Insecta saat berkembang dari muda menjadi dewasa
Mirasidium	: larva bersilia
Morfologi	: cabang biologi mempelajari bentuk dan susunan luar makhluk hidup.
Nimfa	: serangga muda yang bentuknya sama dengan bentuk dewasanya, tetapi sebagian organ tubuhnya belum berkembang dengan baik
Organ	: pusat fungsi tubuh tertentu yang terdiri atas beberapa jenis jaringan yang berbeda
Oselus	: mata tunggal
Ovipositor	: alat penyimpan telur serangga, bentuknya memanjang, terdapat pada segmen akhir dari abdomennya
Ovotestis	: organ reproduksi yang dapat menghasilkan ovum dan sperma.
Parameter	: segala sesuatu yang dapat diukur untuk memperoleh data, misalnya tinggi, jumlah daun, berat buah, dan sebagainya
Parasit	: sifat organisme yang merugikan dan hidup menumpang pada organisme lain
Partenogenesis	: pembentukan individu baru tanpa melalui fertilisasi
Pedipalpus	: alat pada mulut yang berupa capit pada Arachnida yang berguna untuk memegang mangsanya
Pewarnaan gram	: suatu metode pewarnaan yang membedakan antara dua jenis dinding sel bakteri yang sangat berbeda
Posterior	: bagian belakang tubuh, dekat dengan ekor
Pseudoselomata	: hewan yang mempunyai rongga tubuh semu
Regenerasi	: kemampuan menumbuhkan bagian tubuh yang lepas atau terpisah menjadi individu baru yang lengkap
Rizoid	: akar semu berbentuk benang-benang sel berukuran kecil yang berfungsi untuk menyerap air dan makanan dari substrat
Sefalotoraks	: bagian kepala menyatu dengan bagian dada, terdapat pada Arthropoda
Selom	: rongga tubuh
Simetri bilateral	: bentuk tubuh hewan yang apabila dipotong secara longitudinal, maka akan membentuk menjadi 2 bagian yang sama besar, dan setangkup
Simetri radial	: bentuk tubuh hewan yang apabila dipotong melalui sumbu pusat ke segala arah akan membagi tubuh hewan menjadi 2 atau lebih bagian yang sama
Singami	: peleburan dua gamet yang berbeda jenis, ukurannya sama atau berbeda
Sistem saraf tangga tali	: sistem saraf yang terdiri dari sepasang simpul saraf (ganglia) dan 2 tali saraf yang memanjang dan bercabang-cabang melintang seperti tangga tali

Mesoderm	: lapisan lembaga bagian tengah
Metabolisme	: keseluruhan reaksi biokimiawi yang terjadi di dalam tubuh yang melibatkan perubahan senyawa organik dan perpindahan energi
Metamorfosis	: perubahan ukuran dan bentuk tubuh Insecta saat berkembang dari muda menjadi dewasa
Mirasidium	: larva bersilia
Morfologi	: cabang biologi mempelajari bentuk dan susunan luar makhluk hidup.
Nimfa	: serangga muda yang bentuknya sama dengan bentuk dewasanya, tetapi sebagian organ tubuhnya belum berkembang dengan baik
Organ	: pusat fungsi tubuh tertentu yang terdiri atas beberapa jenis jaringan yang berbeda
Oselus	: mata tunggal
Ovipositor	: alat penyimpan telur serangga, bentuknya memanjang, terdapat pada segmen akhir dari abdomennya
Ovotestis	: organ reproduksi yang dapat menghasilkan ovum dan sperma.
Parameter	: segala sesuatu yang dapat diukur untuk memperoleh data, misalnya tinggi, jumlah daun, berat buah, dan sebagainya
Parasit	: sifat organisme yang merugikan dan hidup menumpang pada organisme lain
Partenogenesis	: pembentukan individu baru tanpa melalui fertilisasi
Pedipalpus	: alat pada mulut yang berupa capit pada Arachnida yang berguna untuk memegang mangsanya
Pewarnaan gram	: suatu metode pewarnaan yang membedakan antara dua jenis dinding sel bakteri yang sangat berbeda
Posterior	: bagian belakang tubuh, dekat dengan ekor
Pseudoselomata	: hewan yang mempunyai rongga tubuh semu
Regenerasi	: kemampuan menumbuhkan bagian tubuh yang lepas atau terpisah menjadi individu baru yang lengkap
Rizoid	: akar semu berbentuk benang-benang sel berukuran kecil yang berfungsi untuk menyerap air dan makanan dari substrat
Sefalotoraks	: bagian kepala menyatu dengan bagian dada, terdapat pada Arthropoda
Selom	: rongga tubuh
Simetri bilateral	: bentuk tubuh hewan yang apabila dipotong secara longitudinal, maka akan membentuk menjadi 2 bagian yang sama besar, dan setangkup
Simetri radial	: bentuk tubuh hewan yang apabila dipotong melalui sumbu pusat ke segala arah akan membagi tubuh hewan menjadi 2 atau lebih bagian yang sama
Singami	: peleburan dua gamet yang berbeda jenis, ukurannya sama atau berbeda
Sistem saraf tangga tali	: sistem saraf yang terdiri dari sepasang simpul saraf (ganglia) dan 2 tali saraf yang memanjang dan bercabang-cabang melintang seperti tangga tali

Statosit	: alat keseimbangan pada udang
Stromatolit	: batu yang terbuat dari pita-pita atap sedimen di mana ditemukan bentuk kehidupan yang paling kuno, atau prokariotik yang hidup pada 3,5 miliar tahun yang lalu
Takson	: istilah umum untuk kelompok-kelompok dalam taksonomi, apapun kegiatannya
Taksonomi	: cabang biologi yang menelaah tata nama, klasifikasi dan identifikasi
Tentakel	: lengan hewan tingkat rendah yang panjang
Triploblastik	: hewan yang memiliki 3 lapisan jaringan, yaitu: eksoderm, mesoderm, dan endoderm
Vaksin	: varian atau turunan tidak berbahaya dari suatu patogen yang merangsang sistem imun inang untuk menghasilkan pertahanan terhadap patogen itu
Variabel	: segala sesuatu atau faktor-faktor yang dapat berubah atau bervariasi
Vektor	: inang perantara bagi perkembangan suatu hewan parasit sebelum dapat menginfeksi inang yang sesungguhnya
Virion	: partikel virus yang lengkap dan mampu melakukan infeksi pada sel hidup

Daftar Pustaka

- Campbell, 2002. *Biology Concepts and Connection*. San Francisco: Benjamin Cummings.
- Cartono, 2005. *Biologi Umum untuk Perguruan Tinggi LPTK*. Bandung: Prisma Press.
- Cayne, B.S.dkk. 2005. *Ilmu Pengetahuan Populer*. Jakarta: Grolier International, Inc.
- Dwidjoseputro. 1978. *Pengantar Mikologi*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Encyclopedia Britannica*, 2006
- Ensiklopedia Iptek untuk Anak, Pelajar, dan Umum*. 2004. Jakarta: PT Lentera Abadi.
- Irwan, Zoer'aini Djamal. 2003. *Prinsip-Prinsip Ekologi dan Organisasi Ekosistem, Komunitas, dan Lingkungan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kimball, John W. *Biologi*. 1998. Jakarta: Erlangga.
- Kompas*, 12 September 2006, 12 Oktober 2006, 13 Oktober 2006,
- Media Indonesia*, 5 September 2006
- Microsoft Encarta*, edisi 2006
- Pelczar, Michael J. E.C.S. Chan. 2005. *Dasar-Dasar Mikrobiologi 1*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Radiopoetro. 1991. *Zoologi*. Jakarta: Erlangga.
- Republika*, 31 Agustus 2006
- Suriawiria, Unus. 2005. *Mikrobiologi Dasar*. Jakarta: Penerbit Papas Sinar Sinanti.
- Suroso, AY. Anna Permanasari. Kardiawarman. *Ensiklopedi Sains dan Kehidupan*. Jakarta: Tarity Samudra Berlian.
- Tjitrosoepomo, Gembong. 2005. *Taksonomi Tumbuhan: Schizophyta, Thallophyta, Bryophyta, Pteridophyta*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tjitrosomo, Siti Sutarmi. dkk. 1985. *Botani Umum*. Bandung: Penerbit Angkasa.
- Whitten, Tony dan Jane Whitten. 2002. *Indonesian Heritage Margasatwa*, Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta: Buku Antar Bangsa.
- _____. 2002. *Indonesian Heritage Tetumbuhan*, Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta: Buku Antar Bangsa.
- www.bioweb.uncc.edu
- www.diejulia.de
- www.digilab.brawijaya.ac.id
- www.dipbot.unict
- www.galeri.firdaus.or.id.tif
- www.inria.fr
- www.iptek.net.id
- www.ocagcomm.com
- www.palaeos.com
- www.ucf.tekkom.net
- www.wikipedia.com

Indeks

A

acrasiomycetes 73
afotik 190
agar 69
agnatha 172
AIDS 29
akinet 49, 64
alat pengisap 149
alelopati 186
algin 68
aliran energi 198
ambulakral 168, 169
amphibia 173
amphineura 157
anabiosa 186
anemon 147
angiospermae 133
animalia 141
 ciri-ciri 141
 klasifikasi 143
ankilostomiasis 151
annelida 152
anthocerozoa 127
anthophyta 131
anthozoa 147
antibiotik 47
apterygota 164
arachnida 162
archaeobacteria 51
 jenis-jenis 50
 peranan 51
aristoteles 6
arkeogonium 125
arthropoda 159
ascomycota 86
askon 145, 144
asteroidea 168
autotrof 181, 199
aves 174

B

bacillariophyta 69
bakteri 37
 gram negatif 40
 gram positif 39
 manfaat 46
 penyakit 47
 perkembangbiakan 45
 pertumbuhan 42
 rekombinasi 45
 spora 40
 struktur dan bentuk 37
bakterioklorofil 42
balantidiasis 61
Basidiomycota 88
basil 38
bekicot 156
bentik 191
bentos 190
binomial nomenklatur 116, 118
bioluminesen 70
bioma 188
biosfer 194
bivalvia 156
Bryophyta 126

C

cabang biologi 9
cacar 30
cacar air 29
cacing hati 149
cacing pita 150
cagar alam 114
calcareo 144
cangkok 157
celah olfaktorik 146
cephalochordata 171
cestoda 150
chealopoda 156
chilopoda 163
chlorophyta 66
chondrichthyes 172
chordata 171
chrysophyta 70
chytridiomycota 83
ciliata 61
coelenterata 145
crinoidea 170
crustacea 160
ctenidium 157
CVPD 31
cyanobacteria 48
 ciri dan struktur 48
 Reproduksi 49

D

daerah australia 110
daerah inti 37, 40
daerah oriental 110
daerah peralihan 110
danau 190
data 17
daur biogeokimia 201
daur fosfor 201
daur karbon 201
daur lisogenik 26
daur litik 26
daur nitrogen 200
daur oksigen 201
daur ulang 208
daur ulang 207
dekomposer 181
demospongia 144
detritivor 181
deuteromycota 90
diatom 69
dikotil 133
dinamika populasi 184
dinoflagellata 69
diploblastik 141
diplopoda 163

E

ebola 30
echinodermata 167
echinoidea 169
efek rumah kaca 205
efira 147
ekologi 181
ekosistem 185

ekosistem 181
 air laut 192
 air tawar 189
 darat 188
 interaksi 185
 jenis 189
 komponen abiotik 182
 komponen biotik 181
 pantai 193
 perubahan 195
 tingkatan organisasi 183
eksperimen 17
ektoplasma 60
elephantiasis 152
elitra 166
emigrasi 184
entomostraca 161
estuaria 193
euglenophyta 71
euselomata 142
eutrofikasi 191, 206

F

fagositosis 60
fikobilin 64
fikobion 90
fikoeritrin 48, 64
fikosianin 48, 64
filariasis 152
flagela 38
flagellata 59
flora malesiana 108
flu burung 32
formasi baringtonia 193
formasi pescaprae 193
fotik 190
fotosintesis 123
fragmentasi 49

G

ganggang
 klasifikasi 65
 peranan 64
 spora 64
ganggang 63
ganglion 154
garis Wallace 110
garis Weber 110
gastropoda 155
gelembung renang 173
generation spontanea 6
gerak amoeboid 60
glomeromycota 85
gnathostomata 172
gurat sisi 173
gymnospermae 131

H

habitat 194
halofil 44
hepatitis 31
hepatophyta 126
heterotrof 181, 198
hewan endemik 109
hewan langka 110

hexatinellida 144
hifa 79
hipotesis 16
hirudinea 154
holothuroidea 170
homeoterm 174
hormogonium 49
hujan asam 205
hutan wisata 114
hydrozoa 145

I

imigrasi 184
individu 183
influenza 29
insecta 164
intuisi 14

J

jamur 79
 ciri dan struktur 79
 jamur sempurna 83
 jamur tidak sempurna 90
 klasifikasi 83
 perkembangbiakan 81
 spora aseksual 81
 spora seksual 82
jamur lendir 71
jaringan 12

K

kapsid 24
kapsomer 24
kapsul 24, 39
karagenan 69
karang 147
karotenoid 48, 64
keanekaragaman hayati 103
 di Indonesia 109
 hewan 109
 klasifikasi 115
 manfaat biologis 111
 manfaat ekologis 111
 manfaat ekonomi 111
 manfaat sosial 112
 tingkat ekosistem 105
 tingkat gen 104
 tingkat Jenis 104
 tingkatan 103
 tumbuhan 108
kebun raya 114
kertas daur ulang 209
keseimbangan lingkungan 202
kesimpulan 17
kista 40
klitelum 152
klorofil 64
knidoblast 145
koanosit 143
kokus 38
komensalisme 186
kompetisi 186
komunitas 185
konidia 81
konjugasi 45
konsumen 181
kormus 123
kromatofora 156
kunci determinasi 119
kunci dikotomi 119

L

labyrinthulomycetes 73
lamellibranchiata 156
landak laut 169
laporan penelitian 18
larva bipinnaria 168
larva onkoster 150
lebah 167
leukon 144
liliopsida 135
limbah 208
limnetik 190
litoral 190
lumut 125
 ciri-ciri 124
 daur hidup 124
 gametofit 125
 klasifikasi 126
 spora 125
 sporofit 125
lumut kerak 91
lumut kerak 66

M

magnoliopsida 133
makronukleus 61
maksiliped 163
malacostraca 161
malaria 62
mamalia 175
manfaat biologi 11
mantel 156
mastigophora 59
mata faset 159
medusa 145
membran timfani 164
mesosom 40
metamorfosis 164
metanefridia 153
metode Ilmiah 15
 langkah-langkah 15
mikobium 90
mikoriza 85
mikronukleus 61
mikroskop 7
milipeda 163
miselium 79
mollusca 154
monokotil 135
mortalitas 184
mutiara 157
mutualisme 186
myriapoda 163
myxomycetes 72

N

nakreas 157
natalitas 184
nefridia 152, 155
nekton 190
nematelminthes 150
nematoda 150
netral 185
neuston 190
nisia 194
notokord 171
nukleokapsid 24

O

obelgia 146
olygochaeta 153
oomycetes 74
ophiuroidea 169
organ 12
organisasi Kehidupan 13
oselus 146, 159
osikulus 168
osteichthyes 173
ostium 143
ovipositor 164, 165
ovotestes 155

P

paku 127
 ciri 127
 daur hidup 128
 gametofit 128
 heterospor 128
 homospor 128
 klasifikasi 130
 manfaat 130
 peralihan 129
 spora 128
 sporofit 128
parapodia 153
parasit 42
parasitisme 186
patogen 42
pelecypoda 156
pelestarian Alam 207
pencemaran 201
pencemaran air 206
pencemaran suara 206
pencemaran tanah 206
pencemaran udara 205
pengulangan 17
pengurai 181
peptidoglikan 39
perifiton 190
periostrakum 157
perkembangan biologi 5
pewarnaan gram 38
phaeophyta 67
pili 38
pili seks 39
pinakosit 143
pinnula 170
piramida Ekologi 197
plankton 190
plankton 63
planula 146, 147
plasmid 45
plasmodiophoromycetes 72
plasmodium 62
plasmolisis 44
plathyhelminthes 148
poikiloterm 173
polio 31
Polip 145
polusi 203
polutan 204
polychaeta 153
populasi 184
porifera 145
predasi 185
prion 23
prismatik 157

produsen 181
profundal 191
proglotid 150
prokariot 37
proposal 18
protalium 128
protein sel tunggal 49
protista 57
protozoa 57
 klasifikasi 59
 peranan 58
pseudopodia 60
pseudoselomata 142
psikrofil 44
pterygota 165

R

rabies 30
radula 154
ragon 145, 146
rantai makanan 197
rayap 165
relung 194
reptilia 174
rhizopoda 59
rhodophyta 68
rizoid 125
ruang lingkup biologi 9

S

saluran malpigi 159
sampel 17
sarcodina 59
scaphopoda 158
scyphozoa 146
sefalotoraks 160
sel 12
sel api 148
selom 141
senjata Biologi 32
sentipeda 163
sianofisin 48
sikon 144
silia 61
simetri 142

sistem Klasifikasi 115
 alami 116
 artifisial 116
 filogenetik 117
sistem organ 13
skifistoma 147
sklerotia 79
skoleks 150
soredium 91
spermatophyta 131
spikula 143
spirakel 164
spirillum 38
spongosol 143
sporosit 62
sporozoa 62
statosit 159, 160
suaka margasatwa 114
substrat 194
suksesi 195
sumber daya alam 113
 eksploitasi 112
 kerusakan 113
 pelestarian 113
sungai 191

T

takson 116
talus 80
taman laut 114
taman Nasional 114
tanah Diatom 68
tanah globigerina 60
tanah radiolarian 61
tata nama makhluk hidup 117
tentakel 146, 156
teripang 170
termofil 44
termoklin 190
terumbu karang 194
toksoplasma 62
transduksi 46
transformasi 45
trematoda 149
trikinosis 152
triploblastik 141

trofik 197
tumbuhan Biji 131
 terbuka 131
 tertutup 133
tumbuhan endemik 109
tumbuhan langka 109
tungro 31
tunika 171
turbellaria 148

U

uji statistik 17
urochordata 171

V

vaksin 32
vakuola kontraktif 59, 61
variabel 16
variasi gen 104
vaskular 123
vektor 25
vertebrata 172
virion 24
virus 23
 asam nukleat 26
 ciri-ciri dan struktur 23
 daur infeksi 27
 inang 25
 kegunaan 29
 penyakit 29
 replikasi 27
virus mosaik tembakau 31

X

xantofil 64

Z

zooplankton 160
zygomycota 84

Biologi

Untuk SMA dan MA Kelas X



Biologi lahir dari rasa ingin tahu manusia dalam merespons gejala-gejala alam. Manusia dikaruniai kemampuan berpikir sehingga rasa ingin tahu itu terus berkembang dan menimbulkan perbendaharaan ilmu pengetahuan. Saat ini Biologi telah berkembang menjadi ilmu pengetahuan modern dengan cakupan yang luas. Kamu perlu panduan yang tepat untuk mempelajari biologi dengan baik.

Buku ini disusun sesuai dengan perkembangan tingkat keilmuanmu sehingga menjadi pemandu yang baik dalam belajar biologi. Materi disusun dengan kajian yang lengkap, luas, dan mendalam dengan bahasa yang sederhana sehingga kamu cepat memahami inti pokok materi yang sedang dibahas. Inti pokok materi pembelajaran dapat kamu temukan pada *Peta Konsep* dan *Ringkasan*. Untuk memperluas wawasan, kamu dapat memanfaatkan *Bio Info* yang berisi pengetahuan tambahan yang berkaitan dengan materi. Gambar disajikan dengan jelas dan detail sebagai pendukung untuk memperjelas materi. Panduan untuk melakukan suatu percobaan disusun secara sistematis dalam *Kegiatan*. Kamu perlu melakukan banyak percobaan untuk menguji kebenaran suatu teori atau konsep, menambah wawasan, mengembangkan rasa ingin tahu, dan memberi pengalaman penelitian. Untuk mengembangkan kemampuan analisis dalam memahami permasalahan, kamu diberi *Tugas*, *Latihan*, dan *Wacana*.

Manfaatkan semua perangkat dalam buku ini semaksimal mungkin. Ingat, buku ini disusun untuk mempermudah kamu belajar.

Buku jilid 1 ini berisi uraian perkembangan biologi, keanekaragaman hayati, ciri-ciri dan peranan virus beserta semua kingdom (Eubacteria, Archaeobacteria, Protista, Fungi, Plantae, dan Animalia), serta pembahasan mengenai ekosistem dan pencemaran lingkungan. Jadikan buku ini sebagai sarana untuk belajar Biologi.

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.

ISBN: 978-979-068-831-5 (no jld lengkap)

ISBN: 978-979-068-832-2

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp14.627,-